EDISI REVISI 2018

ILMU PENGETAHUAN ALAM

SMP/MTs
KELAS
IX
SEMESTER 1

Disklaimer: *Buku ini merupakan buku siswa yang dipersiapkan Pemerintah dalam rangka implementasi Kurikulum 2013. Buku siswa ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, dan dipergunakan dalam tahap awal penerapan Kurikulum 2013. Buku ini merupakan "dokumen hidup" yang senantiasa diperbaiki, diperbaharui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis dan laman http://buku.kemdikbud.go.id atau melalui email buku@kemdikbud.go.id diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.*

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Indonesia. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
Ilmu Pengetahuan Alam / Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.-- . Edisi Revisi
Jakarta : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2018.
xviii, 278 hlm. : ilus. ; 25 cm.

Untuk SMP/MTs Kelas IX
ISBN 978-602-282-314-8 (jilid lengkap)
ISBN 978-602-282-319-3 (jilid 3a)

1. Sains -- Studi dan Pengajaran I. Judul
II. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

507

Penulis : Siti Zubaidah, Susriyati Mahanal, Lia Yuliati, I Wayan Dasna, Ardian A. Pangestuti, Dyne R. Puspitasari, Hamim T. Mahfudhillah, Alifa Robitah, Zenia L. Kurniawati, Fatia Rosyida, dan Mar'atus Sholihah.

Penelaah : Ana Ratna Wulan, Herawati Susilo, I Made Padri, Dadan Rosana, Enny Ratnaningsih, Maria Paristiowati, I Nyoman Marsih, dan Ahmad Mudzakir.

Pe-*review* : Ida Rokhayati

Penyelia Penerbitan : Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemendikbud.

Cetakan Ke-1, 2015 (ISBN 978-602-282-767-2)
Cetakan Ke-2, 2018 (Edisi Revisi)
Disusun dengan huruf Georgia, 12 pt.

Kata Pengantar

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi peserta didik dari sisi pengetahuan, keterampilan, dan sikap secara utuh. Proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai suatu kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut. Bila pada jenjang SD/MI, sebagian besar mata pelajaran digabung menjadi satu dan disajikan dalam bentuk tema-tema, maka pada jenjang SMP/MTs pembelajaran sudah mulai dipisah-pisah menjadi mata pelajaran.

Sebagai transisi menuju ke pendidikan menengah, pemisahan ini masih belum dilakukan sepenuhnya bagi peserta didik SMP/MTs. Materi-materi dari bidang-bidang ilmu Fisika, Kimia, Biologi, serta Ilmu Bumi dan Antariksa masih perlu disajikan sebagai suatu kesatuan dalam mata pelajaran IPA (Ilmu Pengetahuan Alam). Hal ini dimaksudkan untuk memberikan wawasan yang utuh bagi peserta didik SMP/MTs tentang prinsip-prinsip dasar yang mengatur alam semesta beserta segenap isinya.

Buku IPA Kelas IX SMP/MTs ini disusun dengan pemikiran di atas. Bidang ilmu Biologi dipakai sebagai landasan (*platform*) pembahasan bidang ilmu yang lain. Makhluk hidup digunakan sebagai objek untuk menjelaskan prinsip-prinsip dasar yang mengatur alam seperti objek alam dan interaksinya, energi dan keseimbangannya, dan lain-lain. Melalui pembahasan menggunakan bermacam bidang ilmu dalam rumpun ilmu pengetahuan alam, pemahaman utuh tentang alam yang dihuninya beserta benda-benda alam yang dijumpai di sekitarnya dapat dikuasai oleh peserta didik SMP/MTs.

Sebagai salah satu rumpun ilmu yang digunakan untuk mengukur kemajuan pendidikan suatu negara, pemahaman peserta didik suatu negara terhadap IPA dibandingkan secara rutin sebagaimana dilakukan melalui TIMSS (*The Trends in International Mathematics and Science Study*) dan PISA (*Program for International Student Assessment*). Melalui penilaian internasional seperti ini, kita dapat mengetahui kualitas pembelajaran IPA di Indonesia dibandingkan dengan negara -negara lain. Materi IPA pada Kurikulum 2013 ini telah disesuaikan dengan tuntutan penguasaan materi IPA menurut TIMSS dan PISA.

Sesuai dengan konsep Kurikulum 2013, buku ini disusun mengacu pada pembelajaran IPA secara terpadu dan utuh. Untuk setiap pengetahuan yang diajarkan, pembelajarannya harus dilanjutkan hingga menjadikan peserta didik terampil dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasainya secara konkret dan abstrak. Selain itu, peserta didik diarahkan agar mampu bersikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam Kurikulum 2013, peserta didik didorong untuk berani mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap peserta didik dengan ketersediaan kegiatan pada buku ini. Guru dapat memperkaya kegiatan dengan mengkreasi bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Buku ini sangat terbuka atas berbagai masukan dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan buku ini. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan pengetahuan terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Tim Penulis

Daftar Isi

Halaman Judul i
Halaman Penerbitan ii
Kata Pengantar iii
Daftar Isi v
Daftar Gambar viii
Petunjuk Penggunaan Buku xiii
Motivasi untuk Ananda xviii

Bab 1 Sistem Reproduksi pada Manusia 1
A. Pembelahan Sel 3
1. Pembelahan Mitosis 4
2. Pembelahan Meiosis 6
B. Struktur dan Fungsi Sistem Reproduksi pada Manusia 7
1. Organ Reproduksi pada Laki-Laki 8
2. Spermatogenesis 14
3. Organ Reproduksi pada Perempuan 15
4. Oogenesis 20
5. Siklus Menstruasi 22
6. Fertilisasi dan Kehamilan 24
C. Penyakit pada Sistem Reproduksi Manusia dan Upaya Pencegahanya 35
1. Penyakit pada Sistem Reproduksi Manusia 35
2. Upaya Pencegahan Penyakit pada Sistem Reproduksi Manusia 39
Uji Kompetensi 47

Bab 2 Sistem Perkembangbiakan Tumbuhan dan Hewan 51
A. Perkembangbiakan pada Tumbuhan 53
1. Perkembangbiakan Tumbuhan Angiospermae 53
2. Perkembangbiakan Tumbuhan Gymnospermae 79
3. Perkembangbiakan Tumbuhan Paku 81
4. Perkembangbiakan Tumbuhan Lumut 84
5. Teknologi Perkembangbiakan pada Tumbuhan 87
B. Perkembangbiakan pada Hewan 90
1. Perkembangbiakan Aseksual pada Hewan 91
2. Perkembangbiakan Seksual pada Hewan 95

3. Perkembangan Hidup Hewan 100
4. Teknologi Perkembangbiakan pada Hewan 105
Uji Kompetensi... 112

Bab 3 Pewarisan Sifat pada Makhluk Hidup 119
A. Molekul yang Mendasari Pewarisan Sifat 121
1. Materi Genetik.. 121
2. Struktur DNA dan RNA 123
3. Peranan Materi Genetik dalam Penentuan Sifat................. 125
B. Hukum Pewarisan Sifat.. 133
1. Persilangan Monohibrida (Satu Sifat Beda) 134
2. Persilangan Dihibrida (Dua Sifat Beda)................................. 138
**C. Pewarisan Sifat pada Makhluk Hidup dan ....
Kelainan Sifat yang Diturunkan.. 141**
1. Pewarisan Warna Kulit 141
2. Pewarisan Tipe Perlekatan Cuping Telinga 143
3. Pewarisan Bentuk Rambut 143
4. Pewarisan Bentuk Pertumbuhan Rambut pada Dahi... 144
5. Pewarisan Kelainan Buta Warna.. 145
4. Pewarisan Kelainan Hemofilia 146
**D. Penerapan Pewarisan Sifat dalam Pemuliaan
Makhluk Hidup.. 147**
1. Pewarisan Sifat dalam Pemuliaan Tanaman 147
2. Pewarisan Sifat dalam Pemuliaan Hewan 149
Uji Kompetensi... 157

Bab 4 Listrik Statis dalam Kehidupan Sehari-hari 163
A. Konsep Listrik Statis.. 164
1. Muatan Listrik.. 164
2. Hukum Coulomb 168
3. Medan Listrik 172
4. Beda Potensial dan Energi Listrik 175
B. Penerapan Listrik Statis dalam Kehidupan Sehari-hari .. 178
1. Kelistrikan pada Sel Saraf 178
2. Hewan-Hewan Penghasil Listrik 184
3. Penggunaan Listrik Statis dalam Teknologi 186
Uji Kompetensi... 192

Bab 5 Listrik Dinamis dalam Kehidupan Sehari-hari 197
A. Konsep Listrik Dinamis 198
1. Arus Listrik 199
2. Hantaran Listrik 205
3. Rangkaian Listrik 212
4. Karakteristik Rangkaian Listrik 218
5. Sumber Arus Listrik 223
6. Sumber-Sumber Energi Listrik 224
7. Transmisi Energi Listrik 228
B. Penggunaan Energi Listrik, Upaya Penghematan, dan Pencegahan Bahaya Penggunaannya 229
1. Penggunaan Energi Listrik di Lingkungan Sekitar 229
2. Upaya Penghematan Energi Listrik 232
3. Pencegahan Bahaya Penggunaan Listrik 234
Uji Kompetensi 241

Daftar Pustaka 247
Glosarium 250
Indeks 260
Profil Penulis 263
Profil Penelaah 274
Profil Editor 277

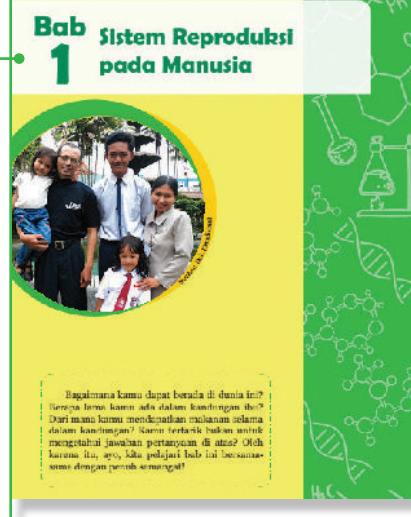
Daftar Gambar

Gambar

1.1 Hierarki Organisasi Kehidupan dari Sel Hingga Organisme........................ 2
1.2 Fase-Fase Pembelahan Mitosis 5
1.3 Fase-Fase Pembelahan Meiosis 6
1.4 Organ-Organ Penyusun Sistem Reproduksi pada Laki-Laki........................ 8
1.5 Potongan Melintang Tubulus Seminiferus 14
1.6 Organ-Organ Penyusun Sistem Reproduksi pada Perempuan................. 16
1.7 Struktur Ovarium 20
1.8 Proses Pembentukan Sel Telur (Oogenesis) 21
1.9 Siklus yang Dialami Dinding Rahim... 22
1.10 Skema Pergerakan Flagela Sel Sperma... 24
1.11 Skema Proses Fertilisasi hingga Implantasi.. 25
1.12 (a) Embrio Umur 5 Minggu (35 Hari), (b) Embrio Umur 9 Minggu (63 hari) Sudah Dapat Disebut Janin 26
1.13 (a) Janin Umur 14 Minggu (98 Hari), (b) Janin Umur 20 Minggu (140 Hari).. 27
1.14 Bayi yang Baru Lahir 27
1.15 Jutaan Sel Sperma Mengerumuni Sel Telur.. 28
1.16 (a) Proses USG, (b) Hasil USG 28
1.17 Gaya yang Terjadi pada Saat Melahirkan 32
1.18 Bayi Kembar.. 33
1.19 Peristiwa Kembar Dizigot.. 34
1.20 Peristiwa Kembar Monozigot 34
1.21 (a) Virus HIV, (b) Penderita HIV/AIDS 36
1.22 Bakteri *Neisseria gonorrhoeae*, (b) Kerusakan Mata pada Penderita GO 37
1.23 Bakteri *Treponema pallidum*, (b) Gejala Penyakit pada Wajah Penderita Sifilis 37
1.24 Virus *Herpes simplex*, (b) Gejala Penyakit Herpes pada Kulit Terutama pada Alat Kelamin 38
1.25 Jamur *Candida albicans* 38
2.1 Beberapa Jenis Hewan dan Tumbuhan di Indonesia, (a) Anoa, (b) Tapir, (c) Bunga Anggrek, (d) Bunga Kertas.. 52
2.2 Ruas dan Buku pada Rhizoma Kunyit... 55
2.3 Stolon pada Stroberi.. 56
2.4 Umbi Lapis pada Bawang Merah 56
2.5 Tunas pada Kentang 57
2.6 Daun Cocor Bebek... 57
2.7 Tanaman Bahan Amatan Percobaan Perkembangbiakan Vegetatif Tumbuhan 58

2.8 Perlakuan pada Umbi Bawang Merah dan Daun Bawang Merah 59
2.9 Cangkok 61
2.10 Merunduk 61
2.11 Setek Batang Singkong 61
2.12 Bibit Tanaman Hasil Penyambungan 62
2.13 Bibit Tanaman Hasil Penempelan 63
2.14 Berbagai Macam Bunga Bahan Amatan Struktur Bunga 64
2.15 Struktur Bunga 65
2.16 Lebah Hinggap pada Bunga 66
2.17 Tanaman Jagung 68
2.18 Penyerbukan dengan Bantuan Lebah 68
2.19 Penyerbukan dengan Bantuan Burung 69
2.20 Penyerbukan dengan Bantuan Kelelawar 69
2.21 Manusia Membantu Penyerbukan Bunga Anggrek 69
2.22 Proses Pembuahan 71
2.23 Bunga *Dandelion* 74
2.24 Tunas Kelapa 74
2.25 Burung Memakan Biji 75
2.26 Biji yang Menempel pada Pakaian 75
2.27 Perkembangan Hidup Tumbuhan Angiospermae 78
2.28 (a) Hutan Pinus, (b) Pakis Haji, dan (c) Biji Tanaman Melinjo 79
2.29 (a) Strobilus Jantan dan Betina pada Melinjo, (b) Tunas Akar pada Pinus, (c) Bulbil pada Pakis Haji 80
2.30 (a) Paku Ekor Kuda, (b) Tumbuhan *Pteris* 81
2.31 (a) Perkembangan Hidup Tumbuhan Paku, (b) Sporangium, dan (c) Spora 83
2.32 Kolam Air dan Organisme yang Hidup di Dalam dan Sekitarnya 84
2.33 Perkembangan Hidup Lumut 85
2.34 (a) Lumut Hati, (b) Lumut Tanduk, (c) Lumut Daun 86
2.35 Struktur Gemmae pada Lumut Hati 86
2.36 Tanaman yang Ditanam dengan Teknik Hidroponik 87
2.37 Vertikultur 87
2.38 Kultur Jaringan Tumbuhan 88
2.39 (a) Biji Anggrek yang Telah Tumbuh dan Ditanam dalam Botol Kultur, (b) Proses Aklimatisasi Anggrek, (c) Anggrek di Perkebunan Budi Daya Anggrek 89
2.40 (a) Ikan Hasil Tangkapan Dipilah Berdasarkan Ukuran, (b) Sebagian Hasil Panen Ikan Dikeringkan 90
2.41 Pertunasan *Hydra* sp. 91
2.42 Semut dan Telurnya 94
2.43 Kucing dan Anak Kucing 96
2.44 Struktur Bagian Dalam Telur 98
2.45 Penetasan Telur dengan Memanfaatkan Suhu Hangat dari Lampu 98
2.46 Cacing sedang Melakukan Perkawinan 99

2.47 Perkembangan Langsung pada Serangga *Lepisma saccharina* 100
2.48 (a) Metamorfosis Tidak Sempurna pada Kutu, (b) Metamorfosis Sempurna pada Lalat 101
2.49 Perkembangan Hidup Ubur-Ubur 102
2.50 Metamorfosis Katak 102
2.51 Inseminasi Buatan 105
2.52 Proses Perkembangbiakan Kentang dengan Menggunakan Tunas, (a) Kentang yang Memiliki Mata Tunas, (b) Kentang Ditusuk Menggunakan Lidi, (c) Kentang Diletakkan di Atas Gelas Air Mineral Berisi Air, (d) Kentang Didiamkan Agar Bertunas 116
3.1 Siswa SMP 120
3.2 Gambaran Untaian Molekul DNA pada Suatu Sel 122
3.3 Kromosom Dapat Terlihat pada Sel-Sel Akar Bawang yang Mengalami Pembelahan 122
3.4 (a) Rosalind Franklin, (b) Foto DNA dari Hasil Difraksi Sinar-X. 123
3.5 Struktur Molekul DNA (a) Struktur Heliks, (b) Struktur Kimia Parsial DNA 123
3.6 (a) Struktur Untai Tunggal Molekul RNA, (b) Struktur Kimia RNA 124
3.7 Tipe Perlekatan Cuping Telinga (a) Terpisah (Memiliki Gen GG atau Gg), (b) Melekat (Memiliki Gen gg) 128
3.8 Kariotipe Perempuan dan Laki-Laki, (a) Perempuan Memiliki Kariotipe 22 AA + XX, (b) Laki-Laki Memiliki Kariotipe 22 AA + XY, (c) Kariotipe Sel Telur 22A + X, dan (d) Kariotipe Sel Sperma 22A + Y atau 22A + X. Kromosom yang terdapat dalam kotak merupakan gonosom atau kromosom kelamin yaitu X atau Y. 130
3.9 Diagram Kromosom Perkawinan Laki-Laki dengan Perempuan 132
3.10 Gregor Mendel 133
3.11 Variasi pada Tanaman Kapri 134
3.12 Bagan Persilangan Monohibrida 135
3.13 Bagan Persilangan Dihibrida 140
3.14 Model Pewarisan Warna Kulit pada Manusia 142
3.15 Anak yang Normal (Kiri) dan Albino (Kanan) 142
3.16 Bentuk Rambut (a) Rambut Keriting, (b) Rambut Lurus, dan (c) Rambut Bergelombang/Ikal 144
3.17 Pertumbuhan Rambut pada Dahi (a) Seperti Huruf "V" (Memiliki Gen WW atau Ww), (b) Melengkung (Memiliki Gen ww) 145
3.18 Tes Buta Warna 145
3.19 Luka pada Orang yang Menderita Hemofilia 146
3.20 Padi Varietas IPB 4S 148
3.21 Jagung Varietas Bima-14 Batara 148
3.22 Ayam *Playmouth Rock* Putih 149
3.23 Teknik Tes DNA, (a) Gambaran Potongan Pita DNA Hasil Elektroforesis, (b) Alat Elektroforesis, (c) Larutan yang Mengandung DNA Dimasukkan ke Dalam Gel Agarose 151

3.24 (a) Contoh Lembar Kotak Informasi Kesehatan Keluarga, (b) Contoh Pohon Sejarah Kesehatan Keluarga 162
4.1 Dua Sisir Bermuatan yang Digantung 165
4.2 Elektroskop Sederhana 167
4.3 Set Percobaan Coulomb 168
4.4 Set Percobaan Interaksi Dua Benda Bermuatan 169
4.5 Gaya Coulomb pada Muatan Listrik 170
4.6 Garis Medan Listrik Dua Muatan 172
4.7 Muatan Q Didekati Muatan q_0 173
4.8 (a) Benjamin Franklin , (b) Sambaran Petir pada Malam Hari 175
4.9 Ilustrasi Muatan Listrik pada Sel Saraf 179
4.10 Impuls Listrik pada Saraf Manusia 180
4.11 Sel Saraf yang Bermyelin 182
4.12 Berkas Sel Saraf dan Kabel Listrik 183
4.13 Pergerakan Impuls pada Akson Tidak Bermyelin (atas) dan Akson Bermyelin (bawah) 183
4.14 Ikan Belalai Gajah 184
4.15 Ikan Pari Listrik 184
4.16 Hiu Kepala Martil 185
4.17 Echidna 185
4.18 Belut Listrik 185
4.19 Lele Listrik 185
4.20 (a) Cerobong Asap dengan Pengendap Elektrostatis, (b) Skema Pengendap Elektrostatis 186
4.21 Pengecatan Mobil 187
4.22 Mesin Fotokopi 187
5.1 Rangkaian Percobaan Baterai Buah Semangka 201
5.2 Berbagai Rangkaian Listrik 203
5.3 Rangkaian Listrik Percobaan, (a) Konduktor, (b) Isolator 206
5.4 Kabel Listrik dari Tembaga dengan Pelapis Plastik 207
5.5 Beberapa Jenis Semikonduktor: Resistor, Diode, Transistor, dan IC 207
5.6 Penangkal Petir 208
5.7 Larutan Garam dan Larutan Gula 209
5.8 Rangkaian Percobaan Hubungan Antara Kuat Arus, Hambatan, dan Tegangan Listrik pada Suatu Rangkaian Listrik 216
5.9 (a) Arus Kendaraan di Bundaran HI, Jakarta (b) Arus Listrik yang Masuk dan Keluar dari Percabangan 219
5.10 Rangkaian Seri Hambatan Listrik 220
5.11 Rangkaian Paralel Hambatan Listrik 220
5.12 Rangkaian Hambatan 1 221
5.13 Rangkaian Hambatan 2 221
5.14 Rangkaian Hambatan 3 221
5.15 Rangkaian Hambatan 4 221

Petunjuk Penggunaan Buku

Sebelum kamu menggunakan buku ini, kamu perlu membaca bagian petunjuk ini. Mengapa diperlukan? Ibarat kamu bermain di tempat wisata, kamu tentunya ingin memanfaatkan fasilitas yang ada di tempat wisata tersebut bukan? Tentunya, agar tujuan tersebut tercapai kamu akan membaca peta yang menunjukkan tempat fasilitas-fasilitas itu berada. Begitu juga dengan buku ini. Jika kamu ingin memperoleh manfaat yang maksimal dari buku ini tentu merupakan tindakan yang bijak jika kamu benar-benar memperhatikan dan memahami bagian petunjuk penggunaan buku ini. Selamat mempelajari!

Bagian ini merupakan awal dari setiap bab, berisi judul bab serta hal-hal yang ada di lingkungan yang terkait materi yang akan dipelajari.

Pada bagian awal setiap bab kamu akan diajak untuk memikirkan ciptaan dan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa, agar kamu dapat meningkatkan keimanan, ketaqwaaan, dan hal-hal di lingkungan yang berkaitan dengan materi sehingga kamu tertarik untuk mempelajari materi yang akan disajikan.

Kita wajib bersyukur kepada Tuhan
diberi kesempatan untuk lahir di dunia dan
berbagai ciptaan-Nya. Pada awalnya, manu
selanjutnya sel tersebut mengalami pembelal
sehingga pada saat dewasa manusia memili

Fitur ini memberikan gambaran kepada kamu hal-hal yang harus dikuasai setelah mempelajari bab yang berkaitan.

Fitur ini memberikan informasi istilah-istilah penting yang menjadi pokok pembahasan pada materi yang akan dipelajari.

Fitur ini memberikan landasan pentingnya mempelajari materi yang akan dipelajari.

Fitur ini memberikan panduan percobaan sederhana atau aktivitas untuk membantu kamu dalam memahami prinsip atau konsep. Aktivitas ini dapat dilakukan secara berkelompok di bawah bimbingan guru.

Fitur ini memberikan pengetahuan tambahan yang berkaitan dengan materi yang dipelajari. Banyak hal unik dan menarik yang disajikan dalam fitur ini.

Fitur ini berisi pertanyaan menantang terkait materi yang dipelajari. Fitur ini juga dapat melatih kemampuanmu dalam berpikir dan dapat memotivasi kamu untuk dapat mencari jawabannya.

Fitur ini berisi suatu masalah yang berkaitan dengan konsep yang perlu untuk dipecahkan melalui kegiatan kelompok. Fitur ini dapat melatih kamu dalam mengungkapkan pendapat atau berkomunikasi dan memecahkan masalah.

Ayo, Kita Selesaikan

a. Mengapa cairan ketuban (amnion) dapat membantu proses kelahiran? Petunjuk: kaitkan dengan gaya gesek antara bayi dan saluran reproduksi ibu.

b. Mengapa cairan ketuban berfungsi sebagai pendeteksi kelainan keturunan (genetik) pada janin? Petunjuk: coba kamu cari jawabannya dengan cara membaca buku di perpustakaan atau

Fitur ini berisi soal-soal atau pertanyaan untuk mengetahui tingkat pemahamanmu terhadap sebagian materi yang telah dipelajari.

Ayo, Kita Pahami

Tahukah kamu fungsi cairan ketuban (cairan amnion)? Ternyata cairan ketuban memiliki banyak fungsi diantaranya dijelaskan berikut ini.

a. Memberi ruang gerak

Masih ingatkah kamu dengan sifat-sifat zat cair? Setiap zat cair akan memiliki bentuk sesuai dengan wadahnya, zat cair juga tidak dapat dimampatkan tetapi dapat menekan ke segala arah.

Fitur ini berisi uraian singkat konsep penting yang terkait dengan materi yang dipelajari.

Ayo, Kita Cari Tahu

Kamu pasti ingin tahu dengan fungsi cairan yang dihasilkan oleh vesikula seminalis bukan? Coba kamu cari tahu mengapa cairan yang dihasilkan vesikula seminalis bersifat basa? Apa fungsinya? Lengkapi pula fungsi zat-zat yang terkandung dalam vesikula seminalis pada tabel berikut.

Fitur ini berisi tugas atau permasalahan yang perlu untuk dicari jawabannya atau untuk mencari pengetahuan tambahan terkait materi yang dipelajari

Rangkuman

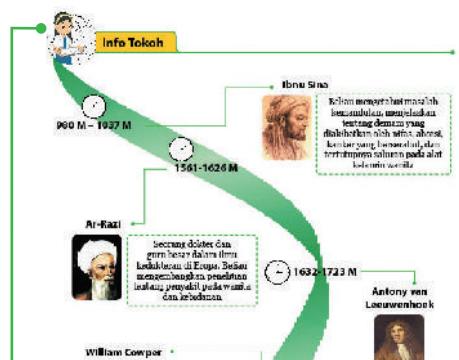
1. Pembelahan mitosis merupakan tipe pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anakan yang mempunyai karakter identik secara genetik dengan sel induk. Jika sel induk memiliki kromosom 2n (diploid), maka jumlah kromosom yang dimiliki oleh sel anakan juga 2n (diploid).
2. Pembelahan meiosis adalah pembelahan sel yang menghasilkan empat sel anakan yang memiliki kromosom haploid (n) yang berasal dari sel induk diploid (2n).
3. Sistem reproduksi pada laki-laki tersusun atas penis dan skrotum yang termasuk alat reproduksi luar; testis, epididimis, vas deferens, uretra, kelenjar vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar Cowper yang termasuk alat reproduksi dalam.
4. Spermatogenesis merupakan proses pembentukan sperma yang terjadi di dalam tubulus seminiferus. Kumpulan tubulus inilah yang membentuk testis.
5. Proses pembentukan sperma bermula dari sel induk sperma atau spermatogonium yang bersifat diploid (2n). Selanjutnya, sel spermatogonium mengalami pembelahan secara mitosis maupun meiosis dan mengalami diferensiasi atau perkembangan sehingga terbentuk sel sperma atau spermatozoa yang memiliki ekor dan bersifat haploid (n).
6. Sistem reproduksi pada perempuan tersusun atas vagina, ovarium, saluran telur, infundibulum, rahim, dan serviks.
7. Oogenesis merupakan proses pembentukan sel kelamin perempuan (ovum) yang terjadi di dalam ovarium.
8. Menstruasi terjadi apabila sel telur tidak dibuahi oleh sel sperma.
9. Fertilisasi terjadi apabila sel telur dibuahi oleh sel sperma. Setelah terjadi fertilisasi, zigot yang terbentuk akan melakukan pembelahan dan berkembang menjadi embrio yang selanjutnya tertanam ke dalam endometrium, pada kondisi ini seseorang mengalami kehamilan.

Fitur ini berisi ringkasan materi dari bab yang telah dipelajari. Kamu dapat mereview keseluruhan materi yang telah dipelajari melalui fitur ini.

Ayo, Kita Renungkan

Belajar mengenai sistem reproduksi pada makhluk hidup sama halnya seperti melihat sebagian dari perjalanan siklus hidup kita. Tidak semua proses reproduksi dapat kita amati secara langsung. Selama ini kita hanya mengetahui bahwa setiap organisme secara alami menghasilkan keturunan baru untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Namun, kita tidak tahu persis tahapan proses untuk menghasilkan keturunan tersebut. Proses reproduksi manusia untuk menghasilkan keturunan, bukanlah proses yang sederhana. Begitu banyak faktor yang terlibat dalam proses ini, misalnya proses pembentukan sperma dan ovum, kondisi tempat pertemuan antara sperma dan ovum, dan kondisi tempat serta pertumbuhan embrio di dalam rahim ibu sebelum bayi dilahirkan.

Sebagai makhluk hidup yang diberi kesempatan untuk berada di dunia ini, Tuhan juga memberi kita tanggung jawab untuk mempertahankan keberadaan kita di dunia. Oleh karena itu, sudah seharusnya manusia berusaha menghasilkan keturunan yang sehat dan cerdas sesuai norma-norma yang berlaku. Cara yang dapat dilakukan adalah dengan menjaga organ reproduksi tetap

Fitur ini berisi hal-hal yang berhubungan dengan kebesaran Tuhan dan hal-hal yang perlu untuk dihayati dan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Fitur ini menjelaskan alur pemikiran bab yang telah dipelajari. Fitur ini dapat membantumu untuk melihat hubungan konsep-konsep yang telah dipelajari, dan dapat dijadikan panduan tentang konsep-konsep penting mana yang belum dipahami.

Uji Kompetensi

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!

1. Bagian testis yang berperan dalam produksi sperma dan hormon testosteron disebut ....
   A. epididimis
   B. vas deferens
   C. vesikula seminalis
   D. tubulus seminiferus
2. Pasangan antara bagian alat reproduksi laki-laki dan fungsinya berikut ini yang benar adalah....
   A. skrotum berfungsi sebagai pembungkus testis
   B. tubulus seminiferus berfungsi sebagai saluran tempat keluarnya sperma
   C. uretra berfungsi sebagai tempat pematangan sperma
   D. vas deferens berfungsi sebagai tempat produksi sperma
3. Pernyataan yang benar terkait dengan jumlah kromosom spermatogonium dan spermatozoa adalah ....
   A. spermatogonium bersifat diploid, spermatozoa bersifat haploid
   B. spermatogonium bersifat haploid, spermatozoa bersifat diploid
   C. spermatogonium bersifat diploid, spermatozoa bersifat diploid
   D. spermatogonium bersifat haploid, spermatozoa bersifat haploid

Fitur ini memberikan wawasan tentang para ilmuwan terdahulu yang telah berjasa dalam menyumbangkan ilmu pengetahuan terkait materi yang dibahas sekaligus sebagai motivasi bagimu untuk memperdalam ilmu.

Fitur ini berisi soal-soal untuk mengevaluasi pemahaman dan penerapan konsep dalam satu bab yang telah dipelajari.

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Membuat Poster Pencegahan Penyakit Seksual

- Permasalahan

Setelah kamu mempelajari sistem reproduksi kamu menjadi tahu tentang organ-organ reproduksi manusia, sistem reproduksi laki-laki, sistem reproduksi perempuan, dan beberapa macam kelainan yang terjadi pada sistem reproduksi manusia. Tentu kamu tidak ingin ada teman atau keluargamu yang terkena penyakit atau kelainan pada sistem reproduksinya bukan? Oleh karena mari kita cari tahu bagaimana cara pencegahan agar sistem reroduksi kita tetap terjaga kesehatannya?

Fitur ini berisi petunjuk aktivitas agar kamu dapat mengaplikasikan konsep-konsep dan memecahkan suatu permasalahan. Aktivitas ini dapat dilakukan secara berkelompok di bawah bimbingan guru.

Informasi Pelaku Penerbitan

Penulis 1

Nama Lengkap	: Prof. Dr. Siti Zubaidah, M.Pd.
Telp Kantor/HP	: 0341-[illegible]
E-mail	: siti.zubaidah.fmipa@um.ac.id
Alamat Kantor	: Jl. Semarang 5 Malang 65145
Bidang Keahlian	: Biologi/Pendidikan Biologi

■ **Riwayat Pekerjaan/profesi:**
1. 2009–sekarang: Koordinator Program Studi S2-S3 Pendidikan Biologi Program Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
2. 2012–2015: Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian Bidang Pendidikan (LP2M) Universitas Negeri Malang.

Fitur ini berisi identitas pribadi, riwayat profesi, pendidikan, dan hasil penelitian penulis maupun penelaah buku, serta kontak pribadi yang dapat dihubungi apabila terdapat hal yang ingin disampaikan atau ditanyakan.

Daftar Pustaka

Anonim. Tanpa tahun. *Penjernihan Air dengan Media Tumbuhan*, (Online),(http://bapelkescikarang.or.id/bapelkescikarang/images/stories/KurmodTTG/Pengolahanairbersih/mi 3.a%20 modul%20penjernihan%20dengan%20media%20tumbuhan.pdf), diunduh pada tanggal 1 Agustus 2014.

Bhopal R. S. K. 2012. *Science Class 10*. New Delhi: Madhya Pradesh Rajya Shiksha KendraPress.

Biggs, A., Daniel, L., Ortleb, E.P.,& Rillero, P. 2004. *Glencoe Science: Life Science*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Biggs, A., Hagins, W.C., Holliday, W.G., Kapicka, C.L., Lundgren, L., MacKenzie, A.H., Rogers, W.D., Sewer, M.B., & Zike, D. 2008. *Glencoe Science: Biology*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Campbell, N.A., Reece. J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., & Jackson, R.B. 2008. *Biology 8th edition*. San Francisco: Pearson Education, Inc.

Fitur ini berisi daftar buku, artikel, atau sumber lain yang digunakan dalam pembuatan buku. Sumber-sumber tersebut dapat dibaca lebih lanjut jika ingin mendapatkan materi yang lebih mendalam

Glosarium

A

AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*) Penyakit yang disebabkan oleh virus HIV dan menyerang imunitas tubuh

Akson (neurit) Penonjolan badan sel berbentuk panjang dan silindris yang berfungsi untuk meneruskan impuls dari badan sel saraf ke sel saraf lain atau ke sel otot atau ke sel kelenjar

Albino Kelainan yang disebabkan tidak adanya zat warna (pigmen)

Alela Bentuk alternatif dari suatu gen

Anafase Fase pembelahan mitosis yang memiliki ciri kromatid saudara dari setiap pasangan memisah menuju kutub yang berlawanan dan pada akhir anafase kedua kutub sel memiliki kromosom yang jumlahnya sama

Angiospermae Tumbuhan biji tertutup yang memiliki ciri bakal biji berada dalam bakal buah (ovarium)

Anteridium Alat kelamin jantan pada Pteridophyta (Paku) dan Bryophyta (Lumut)

Glosarium ini terdapat pada akhir buku, berisi penjelasan istilah-istilah penting yang ada dalam buku dan tersusun menurut abjad.

Indeks

A

AC (*Alternating Current*) 267
Adaptasi 109
Adaptasi fisik 109
AIDS 37
Air Bersih 140
Air Conditioner 150
Anafase 4
Anemogami 68
Anemokori 74
Angiospermae 53, 63, 77, 78, 80, 81, 86, 117
Anion 191
Antera 79
Anteridium 84
Antropogami 69
Antropokori 75
Arkegonium 84
Arus Listrik 249

DC (*Direct Current*) 267
Dinamika populasi manusia 129
Dormansi 76

E

Echidna 248
E. coli 197
Elektro Ensefalo Graf (EEG) 278
Elektron 176
Endometrium 18
Energi listrik 232
Entomogami 68
Epididimis 9, 11

F

Fase menstruasi 23, 25
Fase ovulasi 23, 25
Fertilisasi 18, 25
Folikel 17, 20
Fotosintesis 166

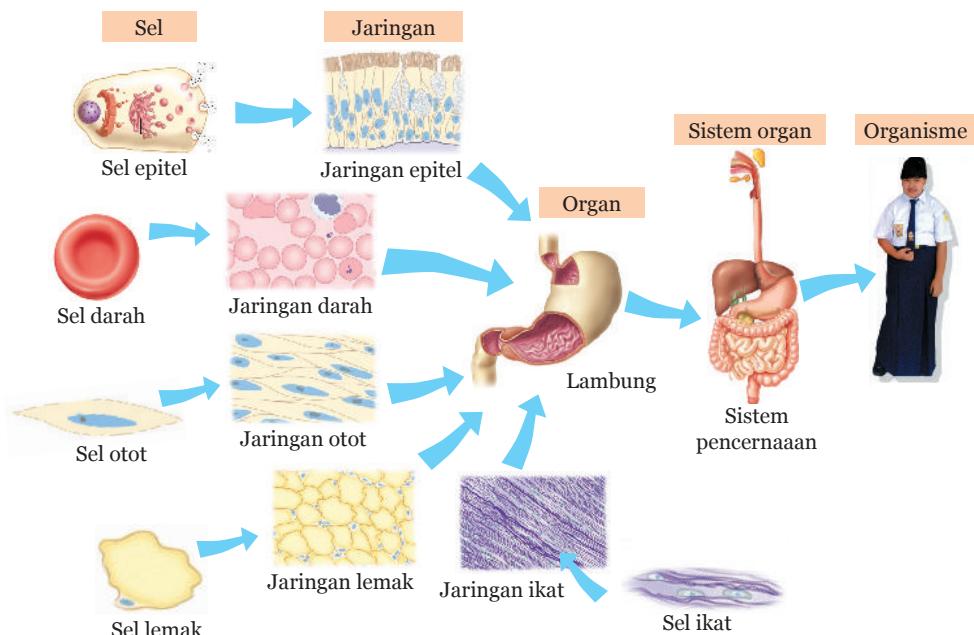
Indeks ini terdapat pada akhir buku, berisi penjelasan daftar kata atau istilah penting yang terdapat dalam buku dan tersusun menurut abjad, yang memberikan informasi mengenai halaman kata atau istilah tersebut dapat ditemukan. Dengan menggunakan indeks, kamu dapat menemukan penjelasan suatu konsep dalam buku secara cepat.

Motivasi untuk Ananda

Ananda, pendidikan merupakan hal yang penting dalam perkembangan dan peradaban suatu bangsa. Setelah terjadi pengeboman di Hiroshima dan Nagasaki pada tahun 1945, tahukah Ananda, apa hal pertama yang dipertanyakan oleh Perdana Menteri Jepang pada saat itu? Pertanyaan pertama adalah berapa jumlah guru yang tersisa. Tahukah Ananda, bahwa setelah pengeboman tersebut, bangsa Jepang dengan cepat memperbaiki segala kerusakan dan terus berkembang, sehingga saat ini menjadi salah satu negara maju dan mampu menciptakan berbagai teknologi yang sudah menyebar ke seluruh penjuru dunia. Menurut Ananda, mengapa Perdana Menteri Jepang menanyakan mengenai jumlah guru? Tahukah Ananda, guru memiliki peran penting dalam hal perbaikan bangsa melalui pendidikan?

Pendidikan merupakan hal yang sangat penting dalam perkembangan dan kemajuan suatu bangsa. Di masa depan, Anandalah yang berperan lebih besar bagi kemajuan bangsa, melalui proses pendidikan saat ini. Ananda merupakan aktor dalam proses pendidikan. Oleh karena itu, bersungguh-sungguhlah dalam belajar. Mengapa belajar itu penting? Karena dengan belajar, Ananda akan banyak mendapatkan pengetahuan dan ilmu, juga menambah keterampilan yang akan memperbanyak pengalaman Ananda. Jika Ananda telah memiliki banyak pengetahuan, ilmu, keterampilan, dan pengalaman, bagaimana selanjutnya? Ananda akan lebih mampu mengembangkan diri, mampu menciptakan inovasi-inovasi, dan tentunya Ananda akan dapat ikut berjuang dalam membangun bangsa Indonesia yang lebih maju dan sejahtera!
Selamat Belajar dan Berjuang Ananda!

Sistem Reproduksi pada Manusia

Sumber: Dok. Kemdikbud

Bagaimana kamu dapat berada di dunia ini? Berapa lama kamu ada dalam kandungan ibu? Dari mana kamu mendapatkan makanan selama dalam kandungan? Kamu tertarik bukan untuk mengetahui jawaban pertanyaan di atas? Oleh karena itu, ayo, kita pelajari bab ini bersama-sama dengan penuh semangat!

Kita wajib bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena diberi kesempatan untuk lahir di dunia dan dapat melihat keindahan berbagai ciptaan-Nya. Pada awalnya, manusia berasal dari satu sel, selanjutnya sel tersebut mengalami pembelahan secara terus-menerus, sehingga pada saat dewasa manusia memiliki sekitar 200 triliun sel. Sel-sel tersebut mengalami perubahan bentuk dan fungsi. Sel-sel yang memiliki bentuk dan fungsi yang sama bergabung menjadi suatu kesatuan untuk membentuk suatu jaringan. Nah, masih ingatkah kamu tentang materi sistem organisasi kehidupan yang telah kamu pelajari di kelas VII? Jika kamu masih ingat, coba ceritakan kepada teman sebangkumu hierarki organisasi kehidupan hingga terbentuk suatu individu! Perhatikan Gambar 1.1!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 1.1 Hierarki Organisasi Kehidupan dari Sel Hingga Organisme

Sekarang kamu telah mengetahui betapa teratur dan kompleksnya Tuhan menciptakan manusia. Kita wajib mengagumi-Nya dengan berusaha menemukan jawaban keteraturan dan kompleksitas tersebut. Kita juga harus berterima kasih dan selalu menghormati orang tua, terutama ibu kita. Karena ibu telah mengandung kita selama sembilan bulan sepuluh hari, menyusui, memberi kasih sayang, mendidik, dan masih banyak lagi pengorbanan ibu yang tidak dapat kita hitung.

Pernahkah terpikir olehmu bagaimana ibu dapat mengandung? Apakah ibu dapat mengandung tanpa kehadiran ayah kita? Tentu jawabannya tidak bukan? Dari pernikahan ayah dan ibu dihasilkan keturunan, yaitu lahirnya kamu. Ayah dan ibu dapat mempunyai keturunan karena memiliki sistem reproduksi. Tanpa sistem reproduksi ini, niscaya kita tidak dapat lahir di dunia dan umat manusia akan punah. Apa sajakah alat-alat atau organ penyusun sistem reproduksi? Apakah sistem reproduksi ayah kita (laki-laki) dan sistem reproduksi ibu kita (perempuan) sama? Ayo, kita pelajari materi ini dengan saksama!

A. Pembelahan Sel

Ayo, Kita Pelajari

- Pembelahan mitosis
- Pembelahan meiosis

Istilah Penting

- Mitosis
- Meiosis
- Profase
- Metafase
- Anafase
- Telofase
- Sitokinesis
- Diploid
- Haploid

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini, dapat membantu kamu memahami proses pembelahan sel, sehingga kamu dapat memahami proses spermatogenesis dan oogenesis dengan mudah.

Sebelum mempelajari sistem reproduksi coba kamu pahami dulu materi tentang pembelahan sel. Sebelumnya, kamu telah mengetahui bahwa pada awalnya manusia berasal dari satu sel. Sel tersebut kemudian mengalami pembelahan, sehingga jumlah sel manusia pada saat dewasa dapat mencapai 200 triliun. Nah, dapatkah kamu menyebutkan satu alasan mengapa sel membelah?

Pembelahan sel itu sangat penting bagi kelangsungan hidup semua makhluk hidup. Setidaknya ada tiga alasan mengapa sel mengalami pembelahan, yaitu untuk pertumbuhan, perbaikan, dan reproduksi. Berikut ini dijelaskan masing-masing alasan pentingnya sel mengalami pembelahan.

Alasan pertama sel mengalami pembelahan adalah untuk pertumbuhan. Masih ingatkah kamu bahwa salah satu ciri makhluk hidup adalah mengalami pertumbuhan? Makhluk hidup dapat tumbuh

karena sel-selnya bertambah banyak. Semakin banyak sel pada makhluk hidup, maka semakin besar ukuran makhluk hidup itu.

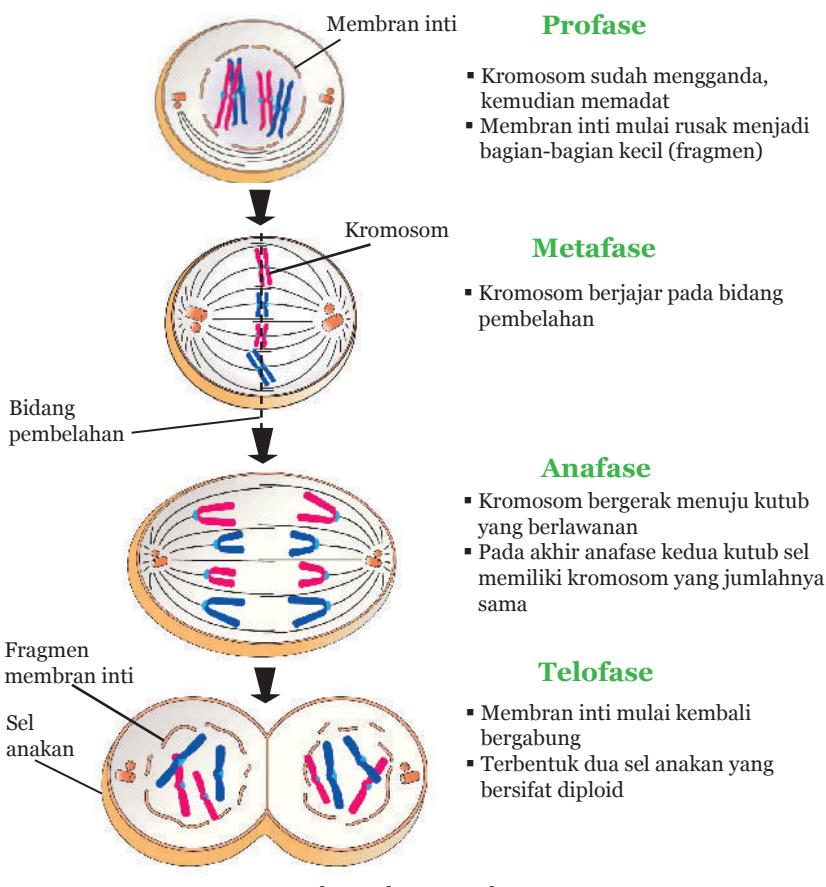
Alasan selanjutnya adalah untuk perbaikan. Pernahkah kamu mengalami luka pada bagian tubuhmu? Apakah setelah beberapa lama bagian tubuh yang luka tersebut dapat menutup seperti semula? Sebenarnya, pada bagian tubuhmu yang mengalami luka tersebut terjadi kerusakan jaringan. Nah, perbaikan jaringan yang rusak pada tubuhmu tersebut adalah hasil dari proses pembelahan sel.

Alasan terakhir, sel mengalami pembelahan untuk reproduksi. Reproduksi atau perkembangbiakan adalah ciri lain dari makhluk hidup. Pada proses reproduksi seksual, diperlukan sel kelamin untuk membentuk individu baru (anakan). Proses pembentukan sel kelamin ini dilakukan dengan cara pembelahan sel.

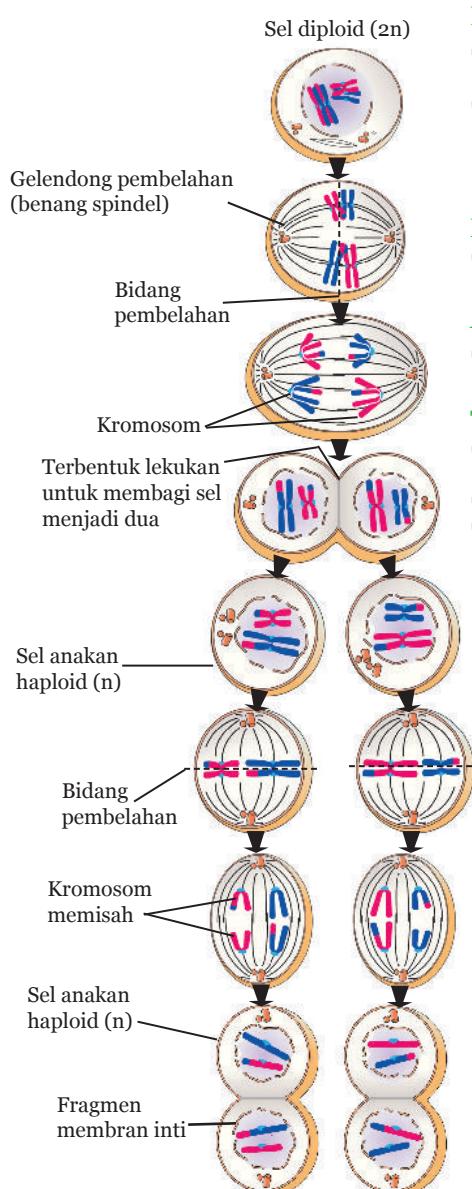
Menurut teori sel, semua sel hidup berasal dari sel yang sudah ada sebelumnya (*omnis cellula e cellula*). Teori ini dinyatakan oleh Rudolf Virchow pada tahun 1855. Pembentukan sel-sel baru atau anakan dari sel yang sudah ada sebelumnya dapat terjadi melalui proses pembelahan sel. Pembelahan sel dibedakan menjadi pembelahan mitosis dan meiosis.

Pembelahan mitosis terjadi pada sel-sel tubuh (sel somatik) makhluk hidup. Pada pembelahan ini, dihasilkan sel anak yang mempunyai kromosom yang jumlahnya sama dengan jumlah kromosom sel induk. **Kromosom** adalah materi genetik yang berperan dalam pewarisan sifat.

Bagaimanakah dengan pembelahan secara meiosis? Pembelahan secara meiosis hanya terjadi pada sel-sel kelamin. Pembelahan ini berfungsi untuk menghasilkan sel gamet (sel telur atau sel sperma). Melalui pembelahan ini akan dihasilkan sel anak yang mempunyai jumlah kromosom setengah dari jumlah kromosom sel induk.

1. Pembelahan Mitosis

Pembelahan mitosis merupakan tipe pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anakan yang mempunyai karakter identik secara genetik dengan sel induk. Artinya, kedua sel anakan yang terbentuk mempunyai susunan genetika yang sama dengan induknya, termasuk jumlah kromosom. Jika sel induk memiliki kromosom 2n (**diploid**), maka jumlah kromosom yang dimiliki oleh sel anakan juga 2n (diploid). Misalnya sel induk memiliki jumlah kromosom 23 pasang

atau 46 buah, maka sel anakan juga memiliki jumlah kromosom 23 pasang atau 46 buah. **Sel diploid** adalah sel-sel yang kromosomnya dalam keadaan berpasangan.

Pembelahan mitosis merupakan proses yang berkesinambungan yang terdiri atas empat fase pembelahan, yaitu **profase**, **metafase**, **anafase**, dan **telofase**. Setiap fase pembelahan tersebut memiliki ciri-ciri yang berbeda. Tahukah kamu apa ciri-ciri dari masing-masing fase pembelahan? Agar kamu lebih memahami fase pembelahan mitosis dan ciri-ciri yang terjadi pada setiap fasenya, perhatikan Gambar 1.2!

Sumber: Solomon *et al*. 2008

Gambar 1.2 Fase-Fase Pembelahan Mitosis

Pada tahap akhir dari pembelahan mitosis yaitu fase telofase, umumnya selalu diikuti dengan pembelahan sitoplasma yang disebut dengan **sitokinesis**. Pada saat sitokinesis, terbentuk cincin pembelahan yang berfungsi membagi sitoplasma sehingga terbentuk dua sel anakan.

2. Pembelahan Meiosis

Pembelahan meiosis adalah pembelahan sel yang menghasilkan empat sel anakan yang masing-masing sel anakan hanya memiliki separuh dari jumlah kromosom sel induk. Perhatikan Gambar 1.3!

Sumber: Solomon *et al.* 2008

Gambar 1.3 Fase-Fase Pembelahan Meiosis

Dapat dikatakan bahwa jumlah kromosom yang dimiliki oleh sel anakan adalah **n** atau disebut dengan **haploid**. Oleh karena itu, meiosis disebut sebagai **pembelahan reduksi**. Nah, masih ingatkah kamu pembelahan meiosis terjadi pada pembentukan apa? Sebelumnya kamu telah mempelajari fase-fase pada pembelahan mitosis. Menurut pendapatmu, apakah terdapat kesamaan fase pada pembelahan mitosis dan meiosis? Berbeda dengan mitosis, pembelahan meiosis berlangsung dalam dua tingkat yaitu meiosis I dan meiosis II. Meskipun demikian, fase-fase pembelahan meiosis mirip dengan fase-fase pembelahan mitosis.

Ayo, Kita Pikirkan!

Analisislah mengapa pembentukan sel kelamin terjadi melalui proses pembelahan meiosis?

B. Struktur dan Fungsi Sistem Reproduksi pada Manusia

Ayo, Kita Pelajari

- Organ reproduksi pada laki-laki
- Spermatogenesis
- Organ reproduksi pada perempuan
- Oogenesis
- Siklus menstruasi
- Fertilisasi dan kehamilan

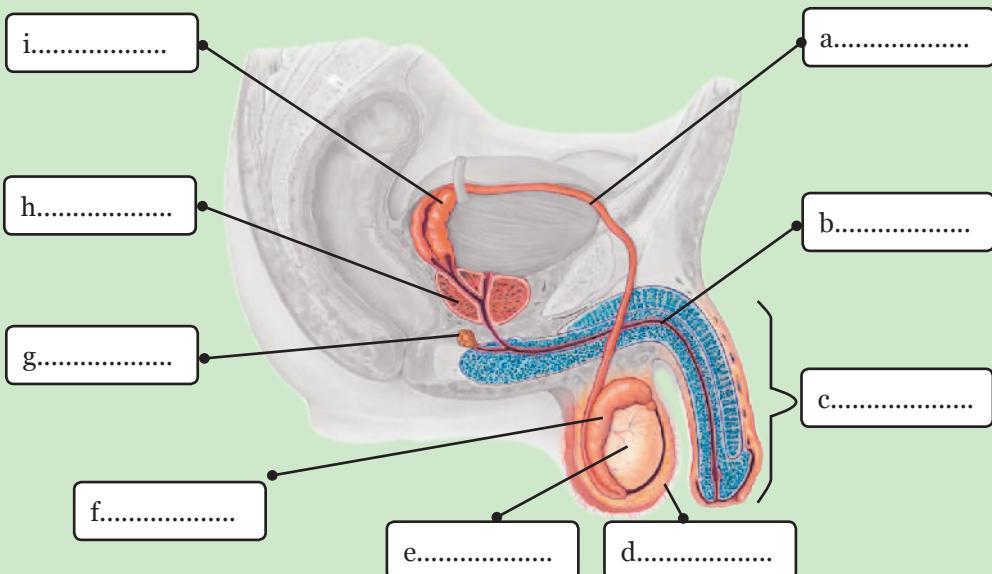
Istilah Penting

- Penis
- Testis
- Epididimis
- FSH
- LH
- Vas Deferens
- Uretra
- Spermatogenesis
- Sperma
- Ovarium
- *Tuba fallopii*
- Uterus
- Endometrium
- Vagina
- Serviks
- Menstruasi
- Estrogen
- Progesteron

Mengapa Penting?

Membantu kamu memahami struktur dan fungsi organ reproduksi sehingga kamu dapat menjaganya agar tetap sehat dan terhindar dari penyakit yang menyerang sistem reproduksi.

1. Organ Reproduksi pada Laki-Laki

Tahukah kamu organ-organ yang menyusun sistem reproduksi pada laki-laki? Untuk mengetahui organ-organ yang menyusun sistem reproduksi pada laki-laki, ayo kita selesaikan Aktivitas 1.1 berikut ini!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 1.1 Mengidentifikasi Organ-Organ Penyusun Sistem Reproduksi pada Laki-Laki

Coba perhatikan dan pahami keterangan organ-organ penyusun sistem reproduksi laki-laki yang terdapat pada Tabel 1.1! Kemudian perhatikan Gambar 1.4 tentang struktur organ penyusun sistem reproduksi pada laki-laki. Lengkapilah nama organ-organ tersebut sesuai dengan keterangan yang terdapat pada Tabel 1.1.

Lakukanlah dengan teliti dan cermat pada saat kamu menyimak Tabel 1.1 dan melengkapi Gambar 1.4. Selain itu, jangan lupa untuk bekerja sama dengan teman satu kelompokmu.

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 1.4 Organ-Organ Penyusun Sistem Reproduksi pada Laki-Laki

Tabel 1.1 Struktur dan Fungsi Organ-Organ Penyusun Sistem Reproduksi pada Laki-Laki

No	Nama Organ	Keterangan Struktur
1.	Penis	Bagian luar organ reproduksi laki-laki yang berfungsi sebagai saluran kencing (urine) dan saluran sperma.
2.	Skrotum	Bagian seperti kantong yang di dalamnya terdapat testis. Berfungsi menjaga suhu testis agar sesuai untuk produksi sperma.
3.	Testis	Bagian yang bentuknya bulat telur yang tersimpan dalam skrotum. Berfungsi untuk memproduksi sperma dan hormon testosteron.
4.	Epididimis	Saluran yang keluar dari testis yang berbentuk seperti tanda koma dengan ukuran ± 4 cm. Berfungsi sebagai tempat penyimpanan sperma sementara.
5.	Vas Deferens	Saluran panjang yang mengarah ke atas dan merupakan lanjutan dari epididimis. Berfungsi menghubungkan epididimis dan uretra.
6.	Uretra	Saluran yang terdapat dalam penis, merupakan akhir dari saluran reproduksi. Berfungsi sebagai saluran keluarnya sperma dan urine.
7.	Kelenjar Vesikula Seminalis	Bagian yang berbentuk seperti kantong kecil berukuran ± 5 cm yang terletak di belakang kantong kemih. Berfungsi menghasilkan zat-zat yang diperlukan untuk perkembangan sperma.
8.	Kelenjar Prostat	Bagian yang berbentuk seperti kue donat yang terletak di bawah kantong kemih. Berfungsi menghasilkan cairan bersifat asam.
9.	Kelenjar Cowper	Bagian yang berbentuk seperti kacang yang terletak di bawah kelenjar prostat. Berfungsi menghasilkan lendir dan cairan bersifat basa.

Setelah menyelesaikan Aktivitas 1.1, tentunya kamu sudah memahami organ penyusun sistem reproduksi pada laki-laki. Kemudian, apa saja fungsi dari masing-masing organ tersebut? Ayo, kita simak dengan saksama paparan berikut ini!

Alat reproduksi atau alat kelamin laki-laki dapat dibedakan menjadi alat reproduksi luar dan alat reproduksi dalam.

a. Alat Reproduksi Luar

Alat reproduksi luar merupakan alat reproduksi yang terletak pada bagian luar tubuh dan dapat diamati secara langsung.

1) Penis

Bagi kamu anak laki-laki, air kencingmu dikeluarkan melalui organ yang disebut penis. Penis berfungsi sebagai saluran kencing (urine) dan sebagai saluran sperma. Penis terbentuk dari otot dan tidak memiliki tulang. Pada ujung penis terdapat struktur seperti lipatan kulit yang disebut kulup (*prepuce*). Kulup inilah yang dipotong saat seseorang dikhitan.

Ayo, Kita Pikirkan!

Mengapa laki-laki dianjurkan untuk dikhitan? Kira-kira apa manfaat berkhitan?

2) Skrotum

Pada bagian di dekat penis terdapat kantong yang terlihat seperti lipatan-lipatan kulit yang disebut skrotum. Pada skrotum tersebut terdapat dua buah (sepasang) testis atau buah zakar yang berbentuk bulat telur. Skrotum juga berfungsi menjaga suhu testis agar sesuai untuk produksi sperma.

b. Alat Reproduksi Dalam

Alat reproduksi dalam merupakan alat reproduksi yang terletak pada bagian dalam tubuh dan tidak dapat diamati secara langsung. Alat reproduksi dalam antara lain terdiri atas testis, saluran sperma, uretra, dan kelenjar reproduksi.

1) Testis

Testis merupakan organ reproduksi yang berbentuk bulat telur, berjumlah dua buah (1 pasang) dan terdapat dalam skrotum. Saat ini, mungkin kamu berusia antara 13 atau 14 tahun. Pada usia tersebut testis mulai memproduksi sperma atau sel kelamin jantan dan hormon **testosteron**. Nah, tahukah kamu apa itu sperma dan hormon testosteron?

Sperma merupakan sel tunggal yang mempunyai ekor dan kepala yang merupakan sel kelamin bagi laki-laki. **Hormon testosteron** adalah senyawa yang dapat merangsang perubahan fisik pada anak laki-laki seperti membesarnya jakun dan tumbuhnya rambut pada tempat-tempat tertentu, misalnya kumis. Pada masa inilah kamu berada pada masa pubertas. **Masa pubertas** adalah masa ketika seorang anak mengalami pematangan fungsi seksual yang disertai perubahan fisik dan psikis.

Tahukah Kamu?

Hormon testosteron memiliki banyak fungsi, antara lain: mengatur perkembangan dan fungsi alat reproduksi laki-laki, serta mengatur perkembangan ciri-ciri reproduksi sekunder. Perkembangan reproduksi sekunder ditandai dengan tumbuhnya rambut pada daerah tertentu, meningkatnya aktivitas kelenjar minyak dan keringat dalam kulit, suara yang lebih besar, otot yang lebih kuat, serta dada yang lebih bidang. Meningkatnya aktivitas kelenjar minyak dan keringat pada masa pubertas dapat memicu munculnya jerawat dan bau badan.

2) Saluran Sperma

Saluran sperma tersusun atas epididimis, vas deferens, dan uretra. Sperma yang dihasilkan di dalam testis akan keluar melalui epididimis. **Epididimis** merupakan saluran yang keluar dari testis. Pada saluran ini sperma disimpan sementara waktu sampai berkembang sempurna, dan dapat bergerak menuju saluran berikutnya, yaitu **vas deferens**. Vas deferens merupakan saluran yang menghubungkan epididimis dan uretra serta berfungsi sebagai saluran sperma menuju uretra.

Uretra merupakan saluran akhir dari saluran reproduksi laki-laki yang terdapat di dalam penis. Masih ingatkah kamu bahwa air kencingmu keluar melalui penis? Uretra selain berfungsi sebagai saluran keluarnya sperma juga berfungsi sebagai saluran keluarnya urine. Proses keluarnya sperma ini dikenal dengan istilah ejakulasi.

3) Kelenjar Reproduksi

Kelenjar reproduksi berfungsi untuk memproduksi getah atau cairan yang nantinya bercampur dengan sel sperma menjadi cairan mani atau semen. Kelenjar reproduksi pada laki-laki terdiri atas vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar cowper.

a) Vesikula Seminalis

Vesikula seminalis merupakan struktur yang berbentuk seperti kantong kusut kecil (±5 cm) yang terletak di belakang (posterior) dari kantong kemih. Kelenjar ini menghasilkan cairan yang bersifat basa (alkali) yang mengandung fruktosa (gula monosakarida), hormon prostaglandin, dan protein pembekuan. Apa fungsi dari masing-masing zat tersebut? Ayo, kita cari tahu!

Ayo, Kita Cari Tahu

Kamu pasti ingin tahu dengan fungsi cairan yang dihasilkan oleh vesikula seminalis bukan? Coba kamu cari tahu mengapa cairan yang dihasilkan vesikula seminalis bersifat basa? Apa fungsinya? Lengkapi pula fungsi zat-zat yang terkandung dalam vesikula seminalis pada tabel berikut.

Tabel 1.2 Zat-Zat yang Terkandung dalam Cairan yang Dihasilkan Vesikula Seminalis Beserta Fungsinya

Nama Zat	Fungsi
Fruktosa	
Hormon prostaglandin	
Protein pembekuan	

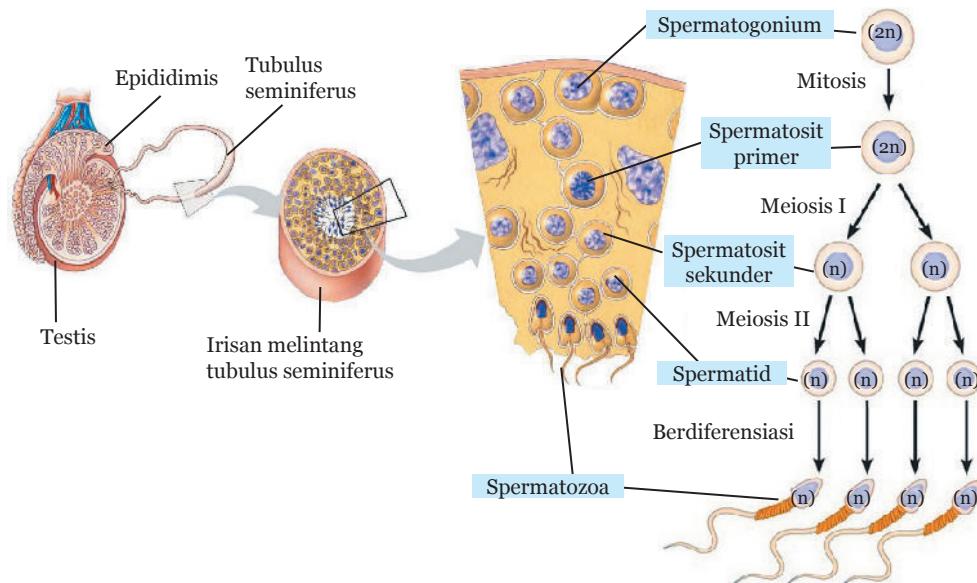
Kamu dapat mencari informasi terkait masalah tersebut dalam buku-buku di perpustakaan, bertanya kepada orang yang ahli di bidangnya, maupun melalui internet. Selamat mencari!

b) **Kelenjar Prostat**

Kelenjar prostat berfungsi menghasilkan cairan keputih-putihan, sedikit asam (pH 6,5), dan mengandung beberapa zat yaitu: 1) asam sitrat yang digunakan untuk menghasilkan energi (ATP); 2) beberapa enzim, yaitu pepsinogen, lisozim, dan amilase; 3) seminal plasmin yang berfungsi sebagai antibiotik untuk membunuh bakteri dalam saluran reproduksi.

Tahukah Kamu?

Pada laki-laki tertentu yang berumur sekitar 50 tahun, kelenjar prostat dapat mengalami pembesaran, dari ukuran sebesar buah kemiri menjadi seukuran buah jeruk lemon atau yang dikenal ***Benign Prostatic Hyperplasia*** (BPH). BPH merupakan kelainan yang menyebabkan saluran uretra menjadi kecil dan sulit untuk mengeluarkan urine. BPH berbeda dengan kanker prostat. Pada umumnya kanker prostat berkembang di bagian luar dari kelenjar prostat, sedangkan pada BPH yang berkembang adalah bagian dalam kelenjar prostat.

c) **Kelenjar Cowper (Bulbouretra)**

Kelenjar Cowper menghasilkan lendir dan cairan yang bersifat basa. Cairan ini berfungsi melindungi sperma dengan cara menetralkan urine yang memiliki pH asam yang tersisa dalam uretra serta melapisi uretra, sehingga mengurangi sperma yang rusak selama ejakulasi. Sperma yang dihasilkan testis akan bercampur dengan getah-getah yang dihasilkan oleh kelenjar–kelenjar reproduksi, sehingga terbentuk suatu suspensi (campuran antara zat cair dan zat padat) yang disebut **semen** (cairan mani). Semen inilah yang dikeluarkan melalui uretra. Pada umumnya, volume semen yang dikeluarkan sebesar 2,5–5 mililiter (mL). Dalam tiap 1 mililiter semen terkandung 50-150 juta sel sperma. Dari jutaan sel sperma tersebut hanya 1 (satu) sel sperma yang akan berhasil membuahi sel telur.

2. Spermatogenesis

Tanda bahwa sistem reproduksi pada laki-laki telah matang adalah keluarnya cairan mani dari penis. Biasanya, cairan mani tersebut keluar pada saat anak laki-laki mengalami mimpi basah. Mimpi basah pada umumnya terjadi saat berumur antara 10 – 14 tahun.

Apakah sebenarnya cairan mani itu? Cairan mani merupakan campuran sel-sel sperma dengan getah-getah yang dikeluarkan oleh kelenjar reproduksi. Masih ingatkah kamu di mana terjadi proses pembentukan sperma? Proses pembentukan sperma terjadi di dalam testis. Tahukah kamu, bagaimanakah proses pembentukan sperma yang terjadi di dalam testis? Agar kamu dapat memahaminya perhatikan Gambar 1.5!

Sumber: Campbell *et al*. 2008

Gambar 1.5 Potongan Melintang Tubulus Seminiferus

Proses pembentukan sperma disebut dengan **spermatogenesis.** Pembentukan sel sperma terjadi di dalam tubulus seminiferus. Kata ”tubulus” berarti saluran-saluran, sedangkan kata ”seminiferus” berasal dari kata ”semen” yang artinya sperma.

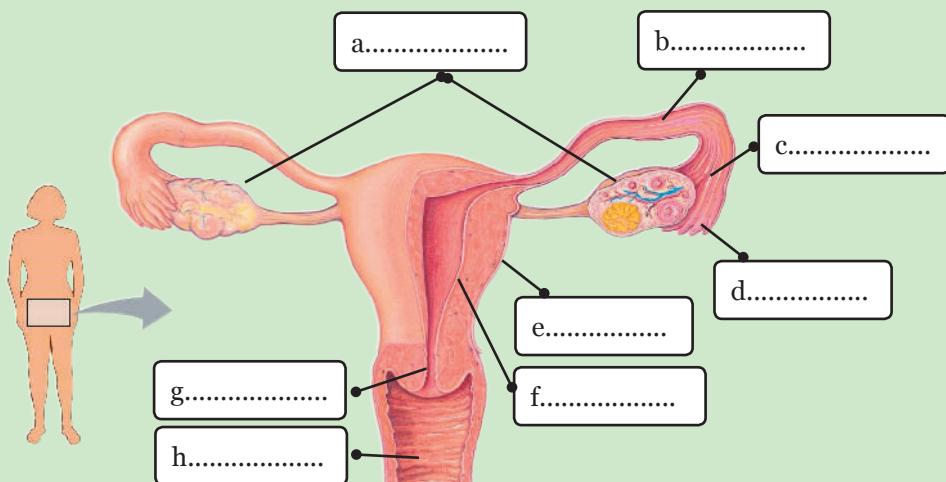
Jadi, tubulus seminiferus adalah saluran panjang yang berkelok-kelok tempat pembentukan sperma. Kumpulan tubulus inilah sebenarnya struktur yang membentuk testis.

Proses pembentukan sperma pada tubulus seminiferus terjadi secara bertahap. Sel induk sperma atau **spermatogonium** yang bersifat diploid (2n) mengalami pembelahan secara mitosis membentuk spermatosit primer. Selanjutnya, spermatosit primer mengalami pembelahan meiosis tahap satu (meiosis I) membentuk dua spermatosit sekunder yang bersifat haploid (n). Spermatosit sekunder kemudian mengalami pembelahan meiosis tahap II (meiosis II) membentuk spermatid yang bersifat haploid (n). Akhirnya, spermatid mengalami diferensiasi atau perkembangan sehingga terbentuk empat sel sperma atau **spermatozoa** yang matang. Agar kamu lebih memahami proses spermatogenesis, perhatikan kembali Gambar 1.5!

Ayo, Kita Diskusikan

- Mengapa sperma manusia memiliki bagian kepala meruncing di bagian ujungnya?
- Apa fungsi bagian ekor dari sperma manusia?

3. Organ Reproduksi pada Perempuan

Kamu telah memahami organ reproduksi pada laki-laki bukan? Bagaimana organ-organ yang menyusun sistem reproduksi pada perempuan? Apakah sama dengan organ penyusun sistem reproduksi pada laki-laki? Untuk menjawabnya, ayo kita selesaikan Aktivitas 1.2!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 1.2 Melengkapi Gambar Organ-Organ Penyusun Sistem Reproduksi Perempuan

Coba perhatikan dan pahami keterangan organ-organ penyusun sistem reproduksi perempuan yang terdapat pada Tabel 1.3! Kemudian, perhatikan Gambar 1.6 tentang struktur organ penyusun sistem reproduksi pada perempuan dan lengkapilah nama organ-organ tersebut sesuai dengan keterangan yang terdapat pada Tabel 1.3!

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 1.6 Organ-Organ Penyusun Sistem Reproduksi pada Perempuan

Tabel 1.3 Struktur dan Fungsi Organ pada Sistem Reproduksi Perempuan

No	Nama Organ	Keterangan Struktur
1.	Ovarium	Struktur berbentuk seperti telur, berjumlah dua buah, terletak di samping kanan dan kiri rahim (*uterus*) dan berfungsi menghasilkan sel telur (ovum).
2.	Saluran telur (*Tuba fallopii*/ Oviduk)	Saluran dengan panjang ±10 cm yang menghubungkan ovarium dengan rahim (uterus).
3.	Infundibulum	Struktur yang berbentuk seperti corong dan merupakan ujung dari *tuba fallopii*.
4.	Rahim (*uterus*)	Struktur seperti buah pir yang berfungsi sebagai tempat berkembangnya janin selama kehamilan.
5.	Endometrium	Lapisan yang membatasi rongga rahim dan meluruh saat menstruasi.
6.	Serviks	Struktur rahim bagian bawah yang menyempit dan membuka ke arah vagina.
7.	Vagina	Saluran yang menghubungkan lingkungan luar dengan rahim, saluran mengalirnya darah menstruasi, dan saluran keluarnya bayi.
8	*Fimbriae*	Struktur berjumbai seperti jari-jemari yang berfungsi menangkap sel telur.

Setelah menyelesaikan Aktivitas 1.2, tentunya kamu sudah memahami organ penyusun sistem reproduksi pada perempuan. Lalu apa saja fungsi dari masing-masing organ tersebut? Ayo, kita simak dengan saksama paparan berikut ini! Alat reproduksi perempuan juga dapat dibedakan menjadi alat reproduksi luar dan alat reproduksi dalam.

a. Alat Reproduksi Luar

Alat reproduksi perempuan yang terletak di luar yaitu vulva dan labium. **Vulva** yaitu suatu celah paling luar dari alat reproduksi wanita yang dibatasi oleh sepasang bibir (kanan dan kiri). Kedua bibir ini disebut dengan **labium**. Ke dalam vulva bermuara dua saluran, yaitu saluran urine dan saluran reproduksi (vagina).

b. Alat Reproduksi Dalam

Alat reproduksi dalam perempuan antara lain terdiri atas ovarium, dan saluran reproduksi.

1) Ovarium

Ovarium atau indung telur merupakan organ reproduksi perempuan yang terletak di sebelah kiri dan kanan rongga perut bagian bawah. Ovarium berjumlah sepasang dan memiliki bentuk seperti telur dengan ukuran sekitar 4 cm × 3 cm × 2 cm. Di dalam ovarium terdapat kumpulan sel yang disebut **folikel**. Di dalam folikel inilah sel telur atau ovum berkembang. Sel-sel oosit (calon sel telur) berkembang sejak awal kehidupan seorang perempuan dan mencapai kematangan setelah pubertas. Folikel ini juga menghasilkan hormon perempuan yaitu estrogen dan progesteron. Pada setiap bulan, sel telur yang telah matang dilepaskan dari ovarium. Proses pelepasan sel telur dari indung telur ini disebut **ovulasi**. Selanjutnya, sel telur tersebut akan ditangkap oleh *fimbriae* dan kemudian akan bergerak ke saluran telur (*tuba fallopii*).

Saat ini kamu telah mengetahui bahwa jumlah ovarium yang dimiliki oleh perempuan ada dua buah. Nah, apakah kedua ovarium tersebut akan melepaskan sel telur secara bersamaan? Biasanya setiap ovarium akan bergiliran melepaskan ovum (telur) setiap bulannya. Akan tetapi, jika salah satu ovarium tidak ada atau tidak berfungsi, misalnya karena diangkat (diambil) melalui proses operasi, maka ovarium lainnya akan terus melepaskan sel telur.

Tahukah Kamu?

Tahukah kamu fungsi lain dari hormon estrogen dan progesteron? Hormon estrogen dan progesteron berperan mengatur siklus menstruasi. Hormon ini juga mengatur perkembangan ciri-ciri reproduksi sekunder pada perempuan. Ciri reproduksi sekunder tersebut antara lain, semakin besarnya pinggul, tumbuhnya rambut pada bagian tertentu, berkembangnya payudara, semakin aktifnya kelenjar minyak, dan kelenjar keringat yang dapat memicu munculnya jerawat.

2) Saluran Reproduksi

Saluran reproduksi perempuan terdiri atas saluran telur atau *tuba fallopii*, uterus, dan vagina.

a) Saluran Telur (*Tuba Fallopii*)

Saluran telur (*tuba fallopii*) atau oviduk berjumlah sepasang, yaitu kanan dan kiri yang memanjang ke arah samping dari uterus. Panjang *tuba fallopii* ini sekitar 10 cm. Saluran telur berakhir dalam struktur berbentuk corong yang disebut **infundibulum**, yang ditutupi **fimbriae**. *Fimbriae* menangkap sel telur yang dilepaskan oleh ovarium. Fungsi saluran telur membawa sel telur dari infundibulum ke rahim. Pada saluran telur inilah terjadi fertilisasi atau pembuahan. Setelah terjadi fertilisasi, saluran telur akan menyalurkan zigot (hasil fertilisasi) menuju uterus atau rahim.

b) Rahim (Uterus)

Uterus atau rahim merupakan organ yang memiliki dinding yang tebal, memiliki bentuk seperti buah pir yang terbalik. Secara normal, rahim terletak di atas kantong kemih. Rahim berfungsi sebagai tempat perkembangan janin. Pada saat seorang perempuan tidak hamil, rahim memiliki ukuran 5 cm. Pada saat seorang perempuan hamil, rahim mampu mengembang hingga 30 cm, ukurannya menyesuaikan dengan perkembangan bayi.

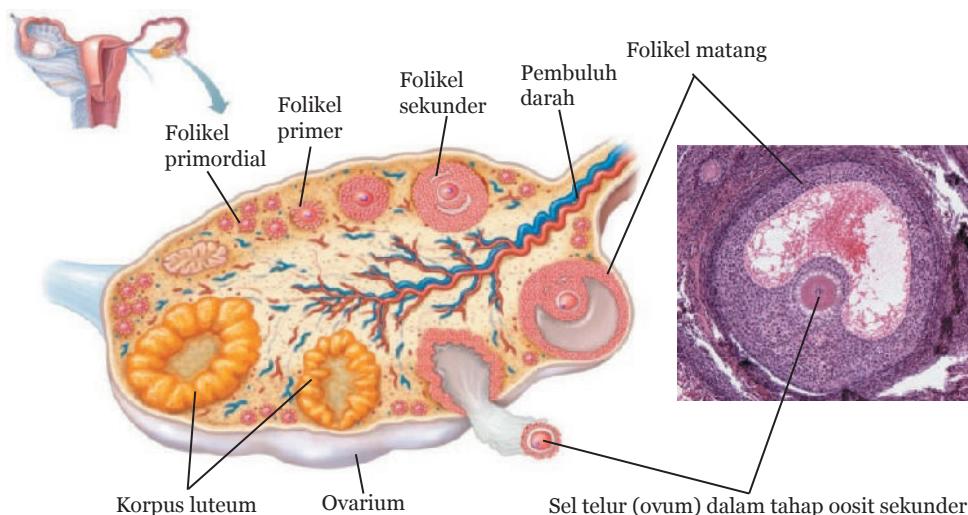
Dinding rahim (endometrium) memiliki peranan dalam pembentukan plasenta. **Plasenta** merupakan organ yang menyuplai nutrisi yang dibutuhkan bayi selama perkembangannya. Pada perem-

puan yang tidak hamil, ketebalan dinding rahim bervariasi selama siklus menstruasi bulanan yang akan dibahas pada bagian berikutnya.

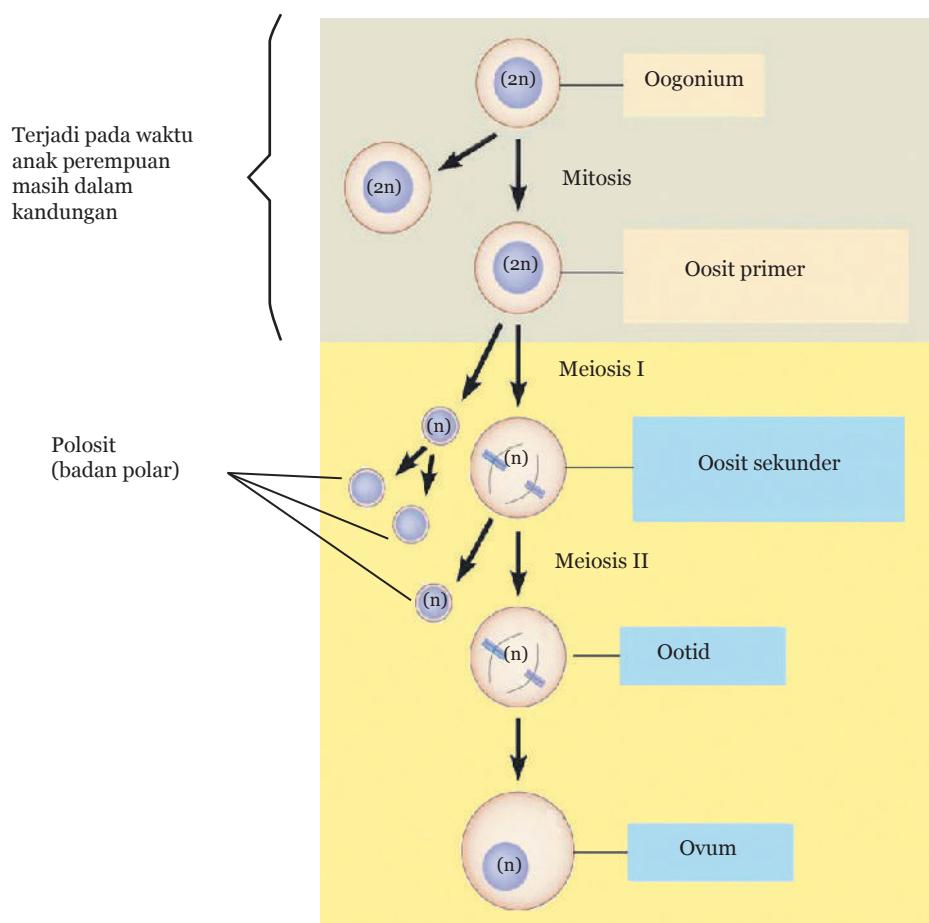
c) Vagina

Vagina merupakan saluran yang menghubungkan lingkungan luar dengan rahim. Vagina tersusun atas otot-otot yang elastis, dilapisi selaput membran, yang disebut **selaput dara (*himen*)**. Saluran ini menghubungkan antara lingkungan luar dengan rahim. Saluran yang menghubungkan vagina dengan rahim adalah serviks (leher rahim). Vagina berfungsi sebagai organ reproduksi, saluran untuk aliran darah menstruasi dari rahim, dan jalan lahir bayi. Pada saat bayi akan lahir terjadi kontraksi otot-otot pada dinding rahim. Kontraksi inilah yang menyebabkan bayi terdorong ke jalan lahir (vagina).

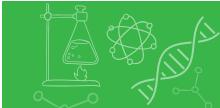
Pada bagian selanjutnya kamu akan mempelajari gaya gesek dan gaya dorong yang terjadi pada rahim dan beberapa organ reproduksi seorang ibu. Dengan demikian, kamu akan dapat mengetahui betapa beratnya perjuangan ibu pada saat melahirkan. Oleh sebab itu, kamu harus selalu menghormati dan berbakti kepada ibu.

Tahukah Kamu?

Tahukah kamu bahwa selaput dara merupakan selaput tipis yang tersusun atas pembuluh darah? Selaput dara tersebut dapat robek karena aktivitas yang membahayakan. Oleh sebab itu, kepada para perempuan selalu berhati-hatilah agar selaput daramu tidak rusak, dengan cara tidak melakukan aktivitas yang membahayakan!

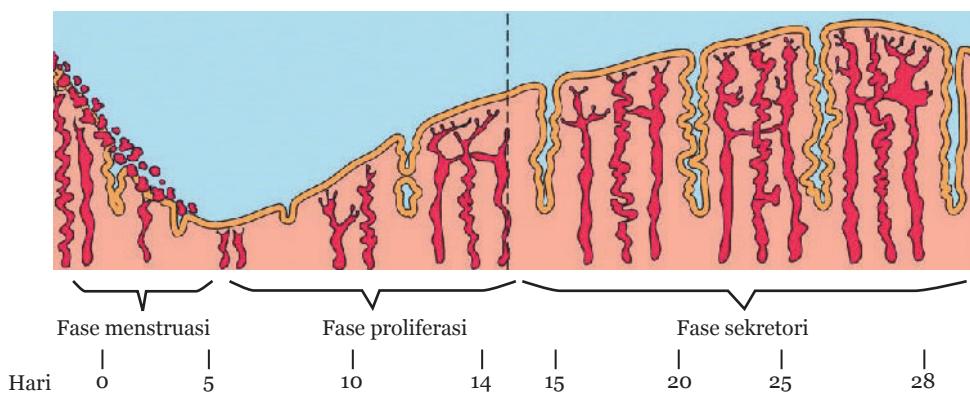
Mungkin saat ini kamu bertanya-tanya mengapa Tuhan Yang Maha Esa menganugerahkan selaput dara kepada kaum perempuan? Tentunya Tuhan Yang Maha Esa menganugerahkan selaput dara kepada kaum perempuan bukan tanpa tujuan. Tujuan utama dari penciptaan selaput dara adalah agar perempuan dapat menjaga diri untuk tidak melakukan aktivitas yang membahayakan terutama dari perbuatan tercela yang melanggar norma sosial dan agama.

4. Oogenesis

Tahukah kamu apa itu oogenesis? **Oogenesis** merupakan proses pembentukan sel kelamin perempuan, yaitu sel telur atau ovum dan terjadi di dalam organ yang disebut **ovarium**. Berbeda dengan spermatogenesis yang dimulai ketika anak laki-laki mulai masuk masa pubertas, oogenesis dimulai sebelum anak perempuan lahir. Tahukah kamu, pada saat baru lahir, anak perempuan sudah memiliki bakal sel ovum (sel primordial) sebanyak 200.000 hingga 2.000.000. Namun, hanya sekitar 40.000 yang tersisa saat anak perempuan masuk masa pubertas dan hanya 400 yang akan matang atau berkembang sempurna. Satu sel telur yang matang diovulasikan (dikeluarkan dari ovarium) selama siklus reproduksi (siklus menstruasi) perempuan. Coba perhatikan Gambar 1.7!

Sumber: Tortora Derrickson, 2008

Gambar 1.7 Struktur Ovarium

Pada Gambar 1.7 kamu dapat melihat bahwa di dalam ovarium terdapat folikel yang berukuran kecil dengan calon bakal sel telur di dalamnya (folikel primordial). Folikel dan bakal sel telur tersebut berkembang semakin besar menjadi folikel primer, kemudian berkembang menjadi folikel sekunder, dan pada akhirnya menjadi folikel matang. Selama folikel berkembang, sel primordial akan membelah secara mitosis membentuk oogonium atau sel induk telur yang bersifat diploid (2n). Oogonium kemudian akan mengalami

pembelahan mitosis membentuk oosit primer yang bersifat diploid (2n). Oosit primer kemudian mengalami pembelahan meiosis tahap I (meiosis I) membentuk satu oosit sekunder (n) dan satu polosit (n). Polosit (n) kemudian mengalami pembelahan meiosis tahap II (meiosis II) menghasilkan dua polosit (n). Oosit sekunder selanjutnya juga mengalami pembelahan meiosis tahap II (meiosis II) membentuk satu ootid (n) dan satu polosit (n). Ootid kemudian mengalami diferensiasi membentuk ovum. Pada akhir peristiwa oogenesis, dari satu sel induk telur (oogonium) akan dihasilkan satu sel telur (ovum) yang bersifat haploid (n) dan tiga polosit (badan polar) yang bersifat haploid (n). Namun, yang dapat berfungsi hanya satu sel telur (ovum). Agar kamu dapat dengan mudah memahami peristiwa oogenesis, perhatikan Gambar 1.8!

Sumber: Campbell *et al*. 2008

Gambar 1.8 Proses Pembentukan Sel Telur (Oogenesis)

5. Siklus Menstruasi

Bagi kamu yang perempuan tentunya sudah ada yang mengalami menstruasi. Tahukah kamu apa itu sebenarnya menstruasi? Menstruasi merupakan suatu keadaan keluarnya darah, lendir, dan sel-sel epitel yang menyusun dinding rahim. Apabila seorang perempuan mengalami menstruasi, maka akan keluar darah melalui vaginanya. Menstruasi biasanya terjadi satu bulan sekali. Siklus menstruasi akan terjadi apabila sel telur yang dihasilkan oleh ovarium tidak dibuahi oleh sel sperma. Nah, bagaimana proses lengkap siklus menstruasi? Agar kamu dapat memahaminya, simaklah penjelasan berikut ini!

Pada umumnya satu siklus menstruasi berlangsung selama 28 hari. Akan tetapi, ada perempuan yang mengalami siklus menstruasi lebih pendek atau lebih panjang. Seorang perempuan yang mengalami siklus menstruasi pendek, siklus akan berlangsung selama ± 18 hari. Seorang perempuan yang mengalami siklus menstruasi panjang, siklus akan berlangsung selama ± 40 hari. Tahukah kamu bahwa siklus menstruasi dapat dibagi menjadi beberapa fase? Agar kamu dapat memahaminya perhatikan Gambar 1.9 tentang siklus yang dialami dinding rahim!

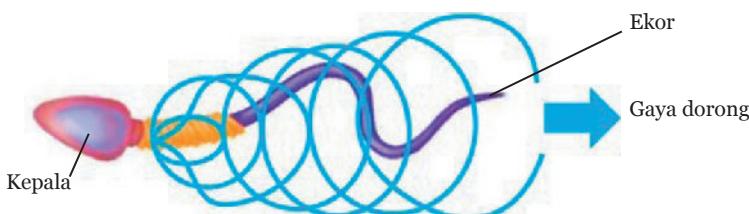
Sumber: Campbell *et al*. 2008
Gambar 1.9 Siklus yang Dialami Dinding Rahim

Fase pertama adalah **fase menstruasi**, pada fase ini **hormon FSH** (*follicle stimulating hormone*) memicu berkembangnya folikel dalam ovarium. Hormon FSH adalah hormon yang dihasilkan oleh kelenjar pituitari atau hipofisis. Kelenjar tersebut terletak di otak bagian depan. Pada fase ini, dinding rahim luruh dan seorang perempuan mengalami menstruasi. Pada proses perkembangan folikel, ada beberapa folikel

yang berkembang. Namun, hanya ada satu folikel yang dapat terus berkembang tiap bulannya.

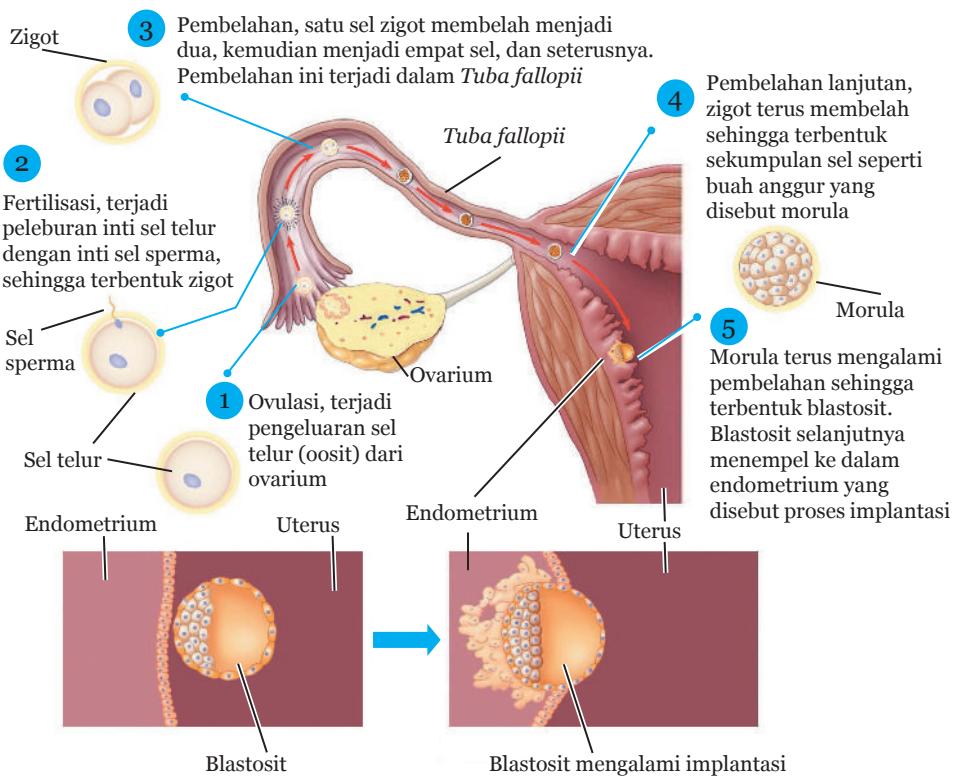
Pada awal perkembangannya, folikel menghasilkan hormon **estrogen** dan hormon **progesteron**. Hormon estrogen dan progesteron ini akan memicu dinding rahim untuk menebal. Pada saat ini dinding rahim sedang mengalami **fase proliferasi**. Tujuan dari menebalnya dinding rahim adalah untuk mempersiapkan tempat melekatnya embrio apabila sel telur dibuahi oleh sperma. Fungsi lain dari hormon estrogen adalah memicu kembali kelenjar pituitari untuk menghasilkan hormon FSH dan LH (*luteinizing hormone*). Hormon LH terus diproduksi dan meningkat secara mendadak. Peningkatan hormon LH ini akan memicu pengeluaran sel telur dari folikel yang telah matang, proses ini disebut **ovulasi**.

Tahukah Kamu?

Tingginya sisa metabolisme hormon *luteinizing hormone* (LH) pada urine digunakan sebagai bahan uji atau tes untuk mengetahui waktu terjadi ovulasi. Alat tes untuk mengetahui waktu ovulasi tersebut mengandung suatu jenis antibodi monoklonal yang dapat menimbulkan perubahan warna ketika bereaksi dengan zat sisa metabolisme hormon LH.

Fase ketiga adalah **fase sekretori**. Folikel yang telah melepaskan sel telur akan berubah menjadi korpus luteum. Sel telur yang telah diovulasikan akan ditangkap oleh *fimbriae* dan akan bergerak menuju *tuba fallopii*. Jika pada saat itu sel telur tidak dibuahi oleh sperma (tidak terjadi fertilisasi), maka akan dikirimkan sinyal tertentu pada **korpus luteum** untuk tidak memproduksi hormon estrogen dan progesteron lagi. Dengan demikian, pada fase ini jumlah hormon estrogen dan progesteron pada perempuan menjadi rendah. Rendahnya hormon estrogen dan progesteron menyebabkan jaringan penyusun dinding rahim rusak dan pembuluh darah yang ada pada dinding rahim pecah, sehingga perempuan akan mengalami menstruasi.

6. Fertilisasi dan Kehamilan

Pada bagian sebelumnya, kamu telah mempelajari siklus menstruasi pada perempuan. Masih ingatkah kamu mengapa menstruasi dapat terjadi? Menstruasi dapat terjadi apabila sel telur yang terdapat pada *tuba fallopii* tidak dibuahi oleh sel sperma. Lalu, bagaimanakah apabila sel telur yang terdapat pada *tuba fallopii* dibuahi oleh sperma? Tahukah kamu bagaimanakah fertilisasi dan kehamilan terjadi?

Apabila ada sel sperma yang masuk ke dalam saluran reproduksi perempuan, sel sperma tersebut akan bergerak menuju sel telur. Apabila telah bertemu dengan sel telur, bagian kepala sperma akan masuk ke dalam sel telur dan meninggalkan bagian ekornya di luar sel telur. Proses inilah yang mengawali terjadinya **fertilisasi**. Fertilisasi merupakan proses peleburan inti sel sperma dengan inti sel telur sehingga membentuk zigot. Proses fertilisasi ini terjadi di dalam *tuba fallopii*. Tahukah kamu bagaimana sel sperma bergerak menuju sel telur? Sel sperma menggunakan flagela yang bergerak memutar sebagai baling-baling untuk menggerakkan tubuhnya dalam cairan yang ada pada *tuba fallopii* untuk menuju ke sel telur. Gerakan flagela ini dapat dianalogikan dengan baling-baling untuk mendorong perahu. Agar kamu dapat memahami mekanisme pergerakan sperma, perhatikan Gambar 1.10!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 1.10 Skema Pergerakan Flagela Sel Sperma

Bagaimana sperma dapat menemukan lokasi sel telur? Ada beberapa mekanisme sel sperma dapat menemui sel telur. Sel sperma dapat menemukan lokasi sel telur karena sel telur menghasilkan senyawa kimia berupa hormon progesteron. Selain itu, juga karena adanya sensor panas (suhu *tuba fallopii* atau tempat sel telur berada, lebih tinggi dibandingkan suhu tempat penyimpanan sperma). Ayo kita renungkan, betapa hebat Tuhan kita yang telah mendesain mekanisme

pergerakan sel sperma tersebut sehingga dapat menemukan lokasi sel telur dengan tepat. Perhatikan Gambar 1.11!

Sumber: Campbell *et al*. 2008

Gambar 1.11 Skema Proses Fertilisasi hingga Implantasi

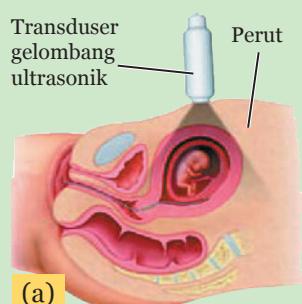
Zigot yang terbentuk setelah terjadinya fertilisasi akan melakukan pembelahan, selanjutnya berkembang menjadi embrio yang akan menuju ke rahim, kemudian tertanam (implantasi) ke dalam endometrium. Pada kondisi ini seseorang perempuan mengalami kehamilan. Tahukah kamu bagaimana perkembangan embrio selama dalam kandungan? Embrio berkembang dalam kandungan sehingga menjadi bayi yang siap lahir selama 9 bulan 10 hari atau sekitar 37 minggu. Perkembangan embrio dalam kandungan dapat dibagi menjadi beberapa periode. Pada materi ini kamu akan mempelajari perkembangan embrio dalam tiga periode atau trimester yaitu sekitar 3 bulan pada setiap periodenya. Perhatikan Tabel 1.4!

Tabel 1.4 Tahap Perkembangan Embrio

Periode Perkembangan	Gambar	Kondisi Janin
Trimester Pertama • Periode terbentuknya hampir semua organ tubuh. • Janin sangat rentan terhadap radiasi, obat, atau alkohol. Oleh karena itu, ibu hamil harus memilih nutrisi yang baik dan menjauhi kebiasaan buruk, seperti merokok dan minum minuman beralkohol, agar janin yang dikandungnya tidak mengalami kecacatan atau gangguan kesehatan lainnya.	(a) (b) Sumber: Campbell *et al.* 2008 **Gambar 1.12** (a) Embrio Umur 5 Minggu (35 Hari), (b) Embrio Umur 9 Minggu (63 hari) Sudah Dapat Disebut Janin	• Perhatikan Gambar 1.12 (a)! Pada saat embrio berumur 5 minggu (35 hari) ukuran embrio ±7 mm. • Embrio telah memiliki bakal tulang belakang. • Otak dan sumsum tulang belakang mulai terbentuk. • Perhatikan Gambar 1.12 (b)! Setelah embrio berumur 9 minggu (63 hari), embrio sudah memiliki struktur yang lengkap dan dapat disebut sebagai janin. • Janin berukuran ±5,5 cm. • Janin terlekat pada tali pusar yang terhubung dengan plasenta dan terlindungi oleh kantong amnion (kantong ketuban). • Otot, tulang belakang, tulang rusuk, lengan, dan jari sudah mulai terbentuk. • Janin sudah dapat menggerakkan lengan dan kaki serta memutar kepala. • Pada akhir trimester pertama janin terlihat seperti miniatur manusia, jenis kelamin biasanya sudah tampak, dan detak jantung dapat dideteksi.

Periode Perkembangan	Gambar	Kondisi Janin
Trimester Kedua • Perkembangan utama janin yaitu pembesaran ukuran janin dan perbaikan struktur menjadi lebih detail. • Tidak ada perkembangan mendasar seperti pada trimester pertama.	 (a) (b) Sumber: Campbell *et al.* 2008 **Gambar 1.13** (a) Janin Umur 14 Minggu (98 Hari), (b) Janin Umur 20 Minggu (140 Hari)	• Gambar 1.13 (a) menunjukkan janin berumur 14 minggu (98 hari). Pada umur tersebut ukuran janin ±6 cm. Pada trimester kedua plasenta banyak menghasilkan progesteron untuk menjaga proses kehamilan. • Perhatikan Gambar 1.13 (b)! Pada saat janin berumur 20 minggu (140 hari) ukuran janin ± 19 cm dengan berat badan janin sebesar 0,5 kg. • Janin telah terlihat seperti bayi, jari tangan dan jari kaki sudah terbentuk. Pada bagian ujung jari sudah tumbuh kuku. • Janin telah memiliki alis dan bulu mata. • Permukaan kulit ditumbuhi oleh rambut. • Janin mulai bergerak aktif. • Pada akhir trimester kedua ini, mata janin sudah membuka dan mulai terbentuk gigi.
Trimester Ketiga • Terjadi pertumbuhan ukuran bayi yang sangat pesat untuk mendapatkan kekuatan menghadapi hidup di lingkungan luar.	 Sumber: Dok. Kemdikbud **Gambar 1.14** Bayi yang Baru Lahir	• Sistem sirkulasi dan respirasi mengalami perubahan yang memungkinkan untuk bernapas dalam lingkungan luar. • Janin mengembangkan kemampuan untuk mengatur suhu tubuh sendiri. • Tulang mulai mengeras. • Otot mulai menebal. • Pada saat lahir ukuran bayi sekitar 50 cm dengan berat badan sekitar 2 – 3 kg. Perhatikan Gambar 1.14!

Tahukah Kamu?

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 1.15 Jutaan Sel Sperma Mengerumuni Sel Telur

Dari jutaan sel sperma yang masuk ke saluran reproduksi perempuan, hanya satu sel sperma yang dapat membuahi sel telur. Mengapa demikian? Setelah salah satu sel sperma memasuki membran sel telur, maka secara langsung sel telur akan menyusun suatu lapisan yang tidak dapat dilewati oleh sperma lainnya. Mari kita renungkan, betapa hebat Tuhan Yang Maha Esa mendesain proses fertilisasi ini.

Tahukah Kamu?

Ultrasonografi (USG) merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengetahui perkembangan janin selama proses kehamilan. Melalui alat ini, akan dapat diketahui perkembangan janin di dalam kandungan ibu, posisi janin di dalam rahim, bahkan jenis kelamin dari calon bayi. Apabila kamu penasaran penampakan embrio pada saat dilihat menggunakan USG, perhatikan Gambar 1.16!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 1.16 (a) Proses USG, (b) Hasil USG

Pada dasarnya, **teknologi ultrasonografi** adalah sebuah teknik diagnostik pencitraan menggunakan gelombang ultrasonik yang digunakan untuk menggambarkan organ internal untuk keperluan medis. Dalam bidang fisika ultrasonik merupakan bunyi yang frekuensinya di atas 20.000 hertz. Ultrasonik tidak dapat didengar menusia karena di atas ambang batas pendengaran manusia. Suara pada frekuensi ini akan dipancarkan pada tubuh janin yang akan menghasilkan gambaran mengenai kondisi bayi dalam kandungan.

Ayo, Kita Pahami

Tahukah kamu fungsi cairan ketuban (cairan amnion)? Ternyata cairan ketuban memiliki banyak fungsi di antaranya dijelaskan berikut ini.

a. Memberi ruang gerak

Masih ingatkah kamu dengan sifat-sifat zat cair? Setiap zat cair akan memiliki bentuk sesuai dengan wadahnya, zat cair juga tidak dapat dimampatkan tetapi dapat menekan ke segala arah. Begitu juga cairan ketuban, cairan ketuban akan mengisi kantong ketuban lalu menekan kantong ke segala arah. Hal ini menyebabkan kantong ketuban mengembang dan akan menyebarkan tekanan ke segala arah sama besar saat terjadi benturan pada kandungan. Cairan ketuban juga tidak dapat dimampatkan artinya ketika kantong ketuban tertekan maka volume kantong ketuban tidak dapat mengecil. Hal inilah yang menjadikan cairan ketuban dapat memberikan ruang gerak bagi janin selama berkembang.

b. Pelindung janin dari benturan dengan dinding rahim

Tahukah kamu bahwa setiap cairan memiliki kekentalan atau dikenal dengan viskositas? Viskositas ini disebabkan adanya gaya tarik menarik antarmolekul cairan (gaya kohesi). Viskositas akan memperkecil risiko akibat adanya gesekan pada benda dalam cairan. Jadi, ketika ibu hamil bergerak dengan kecepatan tertentu

lalu berhenti tiba-tiba maka janin akan mendapat perlindungan dari cairan ketuban, sehingga janin tidak terbentur pada dinding rahim.

c. Cadangan cairan dan nutrisi bagi janin

Tahukah kamu bahwa cairan ketuban mengandung air, karbohidrat, protein, asam amino, peptida, lipid, laktat, piruvat, elektrolit, enzim, dan hormon? Dalam cairan ketuban terdapat glutamin (salah satu asam amino) yang merupakan bahan penting dalam pembentukan materi genetik (DNA dan RNA). Zat-zat tersebut dapat diserap oleh tubuh janin melalui kulit dengan menggunakan mekanisme transpor aktif maupun osmosis. Coba ingat lagi apa yang dimaksud dengan transpor aktif dan osmosis!

d. Menjadi inkubator atau pengatur suhu alami

Tahukah kamu bahwa temperatur cairan ketuban biasanya sekitar 37,6°C. Temperatur ini lebih tinggi 0,5°C – 1°C daripada temperatur tubuh ibu. Zat-zat yang terdapat pada air ketuban yang berperan dalam pengaturan suhu ini.

e. Membantu proses kelahiran

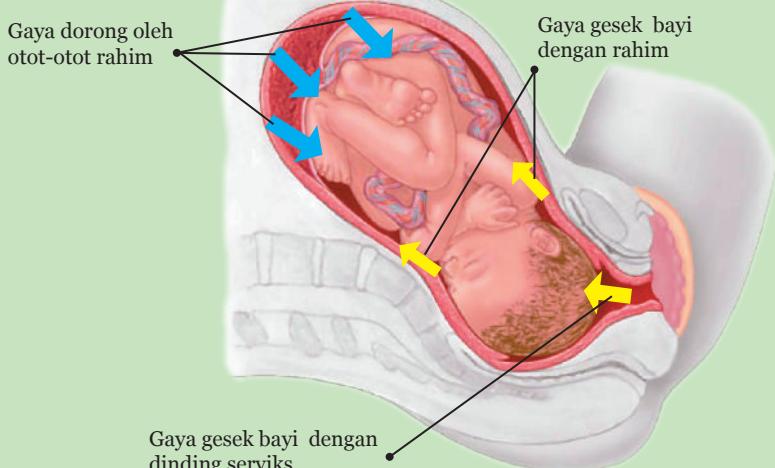
f. Sebagai pendeteksi kelainan keturunan (genetik) pada janin

Ayo, Kita Selesaikan

a. Mengapa cairan ketuban (amnion) dapat membantu proses kelahiran? Petunjuk: kaitkan dengan gaya gesek antara bayi dan saluran reproduksi ibu.

b. Mengapa cairan ketuban berfungsi sebagai pendeteksi kelainan keturunan (genetik) pada janin? Petunjuk: coba kamu cari jawabannya dengan cara membaca buku di perpustakaan atau melalui internet dengan kata kunci ”Amniosentesis”.

Ayo, Kita Cari Tahu

Berdasarkan penelitian terbaru, ternyata air ketuban juga mengandung antibakteri. Kamu penasaran bukan? Kamu dapat mencari jawaban terkait hasil penelitan tersebut dengan bertanya kepada orang yang ahli di bidangnya, buku-buku di perpustakaan, atau melalui internet. Selamat mencari!

Tahukah Kamu?

Apakah kamu tahu bagaimana proses melahirkan? Proses melahirkan dipicu oleh tingginya level hormon estrogen. Tingginya kadar estrogen dalam darah memicu kepekaan uterus terhadap hormon oksitosin. Oksitosin dihasilkan oleh fetus (janin), oksitosin juga merangsang plasenta untuk menghasilkan hormon prostaglandin. Hormon oksitosin dan prostaglandin akan meningkatkan frekuensi kontraksi otot uterus, kekuatan kontraksi, dan durasi kontraksi hingga bayi lahir.

Pada mulanya kontraksi terjadi selama 30 detik atau kurang dalam rentang waktu 25–30 menit. Pada saat puncaknya, kontraksi dapat terjadi selama 60–90 detik dan terjadi setiap 2–3 menit. Kontraksi otot uterus dimulai dari otot bagian atas lalu menuju ke bawah, memberikan gaya dorong pada bayi untuk keluar melalui serviks. Gaya dorong ini semakin kuat saat kepala bayi mendorong dinding serviks. Pada saat dinding serviks terdorong dan melebar, akan merangsang dihasilkannya hormon oksitosin. Meningkatnya hormon ini akan membuat kontraksi otot uterus semakin kuat, sehingga gaya dorong yang dihasilkan juga semakin besar. Perhatikan Gambar 1.17!

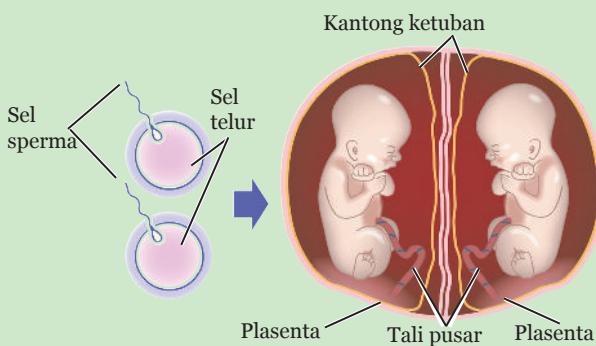
Sumber: Reece *et al.* 2012

Gambar 1.17 Gaya yang Terjadi pada Saat Melahirkan

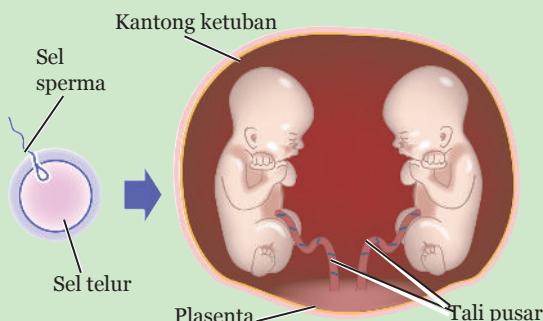
Selain gaya dorong, terdapat pula gaya gesek antara bayi dengan cairan plasenta dan gaya gesek antara bayi dengan saluran serviks. Perhatikan Gambar 1.17! Panah berwarna biru menunjukkan arah gaya dorong, sementara panah warna kuning menunjukkan arah gaya gesek. Perlu kamu ketahui bahwa arah gaya gesek selalu berlawanan dengan arah gerak benda. Pada proses kelahiran, arah gerak bayi yang mendesak keluar berlawanan dengan arah gaya gesek yang arahnya menuju ke dalam. Ketika bayi keluar dari serviks, gaya gesek di saluran serviks akan semakin membesar karena kecilnya diameter serviks. Gaya gesek ini menahan gerakan bayi untuk keluar. Namun, hormon oksitosin yang dihasilkan selama dinding serviks terdorong akan memperkecil gaya gesek tersebut. Selain adanya oksitosin, gaya gesek juga diperkecil dengan adanya cairan ketuban yang berperan sebagai pelumas atau pelicin ketika bayi keluar.

Coba kita pikirkan betapa besar kuasa Tuhan Yang Maha Esa yang telah mengatur proses kelahiran sedemikian rupa sehingga ibu dapat melahirkan kita ke dunia. Kita harus selalu bersyukur kepada Tuhan yang telah memberi kita kesempatan lahir dengan selamat dan dapat melihat dunia. Kita juga harus selalu berbakti kepada ibu yang sudah berjuang untuk melahirkan kita.

Tahukah Kamu?

Pernahkah kamu melihat ada orang yang memiliki wajah yang sama? Jika kamu belum pernah menjumpainya perhatikan Gambar 1.18!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 1.18 Bayi Kembar

Pada umumnya seorang perempuan mengeluarkan satu sel telur setiap bulannya. Namun, pada beberapa kasus, perempuan dapat mengeluarkan lebih dari sel telur dalam satu bulan. Jika setiap sel telur yang dikeluarkan tersebut dapat dibuahi dengan baik oleh sperma, maka setiap sel telur akan berkembang menjadi embrio. Setelah terjadi pembuahan, tiap-tiap zigot akan mengalami pembelahan, kemudian hidup di dua kantong ketuban yang berbeda. Janin juga memiliki plasenta dan tali pusar sendiri-sendiri. Kembar ini disebut dengan **kembar dizigot**. Kembar dizigot biasanya tidak memiliki wajah mirip, tampak seperti kakak-adik seumur saja, jenis kelaminnya dapat sama atau berbeda. Perhatikan Gambar 1.19!

Sumber: www.mombaby.org

Gambar 1.19 Peristiwa Kembar Dizigot

Berbeda halnya jika bayi kembar berasal dari satu sel telur dan satu sperma. Kembar ini terjadi jika setelah terjadi proses fertilisasi, zigot mengalami pembelahan, sehingga terbentuklah dua atau lebih embrio. Embrio tersebut tumbuh dan berkembang dalam satu kantong ketuban dan satu plasenta. Seperti kembar dizigot, embrio ini memiliki tali pusar sendiri-sendiri. Kembar ini disebut **kembar monozigot**. Perhatikan Gambar 1.20!

Sumber: www.mombaby.org

Gambar 1.20 Peristiwa Kembar Monozigot

Kembar monozigot atau dikenal dengan kembar identik biasanya berjenis kelamin sama, memiliki wajah yang sulit dibedakan dan mengandung materi genetik sama. Tahukah kamu, pada beberapa kasus terjadi bayi kembar siam, yaitu dua bayi kembar dilahirkan dalam keadaan bagian tubuh tertentu yang menyatu. Bayi kembar siam termasuk dalam jenis kembar monozigot. Kembar siam bermula ketika sel telur yang telah dibuahi oleh sperma mengalami

pembelahan, tetapi pembelahan tersebut tidak sempurna. Terjadinya pelekatan pada bayi kembar siam karena adanya sel bakal organ yang tidak membelah sempurna. Pembelahan yang tidak sempurna tersebut dapat terjadi pada organ bagian ektoderm (kulit, hidung, telinga), mesoderm (otot, tulang, saraf), atau endoderm (jantung, paru-paru, hati, otak). Kebanyakan kembar dempet terjadi pada bagian dada, perut, kepala, dan panggul.

C. Penyakit pada Sistem Reproduksi Manusia dan Upaya Pencegahannya

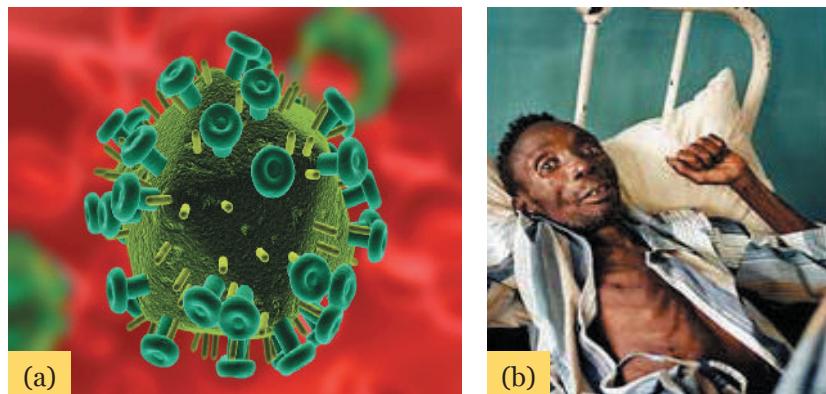
Ayo, Kita Pelajari

- Penyakit pada sistem reproduksi manusia
- Upaya pencegahan penyakit sistem reproduksi manusia

Istilah Penting

- Gonore
- Sifilis
- Herpes
- HIV
- AIDS
- Keputihan
- Epididimitis

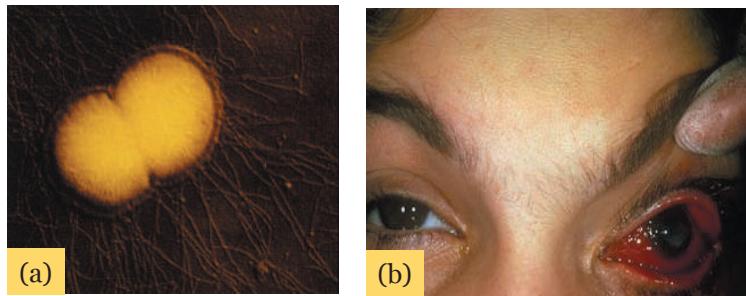
Mengapa Penting?

Membantu kamu memahami cara menjaga sistem reproduksi agar terhindar dari berbagai penyakit yang berbahaya dan memberi pengetahuan agar kamu terhindar dari gaya hidup pergaulan bebas.

1. Penyakit pada Sistem Reproduksi Manusia

Sistem reproduksi sangat rawan terhadap kelainan dan penyakit. Berikut ini akan dibahas beberapa kelainan dan penyakit yang dapat terjadi pada sistem reproduksi manusia.

a. HIV/ AIDS

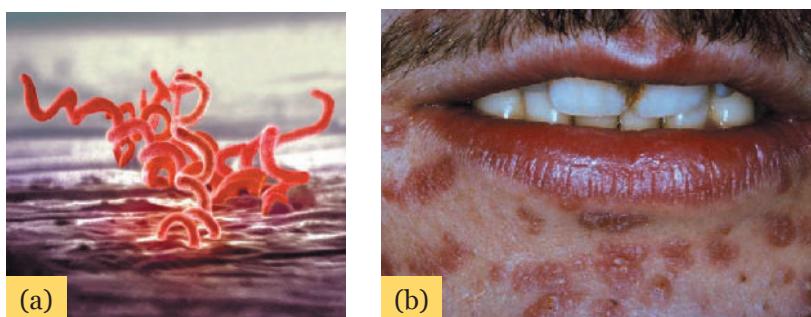
Penyakit AIDS adalah penyakit yang disebabkan oleh HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) yang menyerang sistem imunitas atau kekebalan tubuh penderita. Saat ini penyakit yang disebabkan oleh HIV ini lebih dikenal dengan istilah AIDS (*Acquired Immuno Deficiency Syndrome*). Perhatikan Gambar 1.21! Saat ini belum ditemukan vaksin pencegahnya dan belum ada obat yang betul-betul dapat diandalkan untuk mengatasi HIV/AIDS.

Sumber: (a) www.grad.uiowa.edu,(b) topnews.in

Gambar 1.21 (a) Virus HIV, (b) Penderita HIV/AIDS

HIV dapat ditularkan dari orang tua (yang terinfeksi) kepada anaknya melalui transfusi darah yang terinfeksi, ditularkan akibat gaya hidup yang tidak baik seperti pergaulan bebas dan menggunakan jarum suntik untuk obat terlarang seperti narkoba. Oleh karena itu, ayo kita hindari pergaulan bebas dan hindari mengonsumsi obat-obatan terlarang (narkoba). *Say no to drug*!

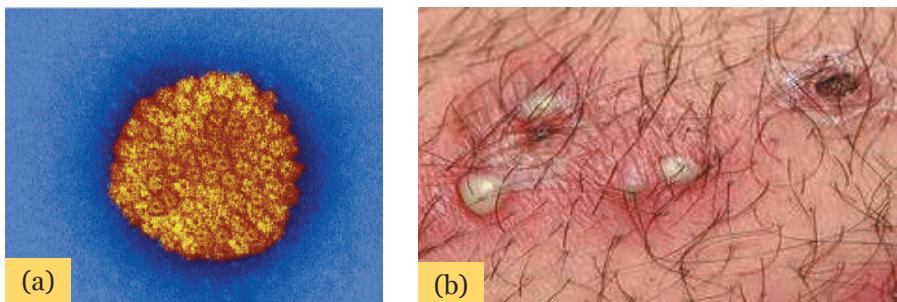
Seseorang yang terinfeksi HIV, sistem kekebalan tubuhnya akan semakin menurun. Dalam kurun waktu 5-7 tahun penderita nampaknya seperti orang sehat, belum memperlihatkan gejala. Fase selanjutnya AIDS baru dapat terdiagnosis setelah kekebalan tubuh sangat berkurang dan timbul penyakit tertentu seperti TBC, pneumonia, herpes, saraf terganggu, dan lain-lain. Namun, tidak semua orang yang mengidap penyakit tersebut di atas pasti menderita AIDS. Fase ini berlangsung 3-6 bulan. Untuk memastikan apakah seseorang positif AIDS atau tidak, harus dilakukan pemeriksaan banyaknya sel T (salah satu sel darah putih yang berperan dalam imunitas) di laboratorium.

b. Gonore (GO)

Penyakit gonore disebabkan oleh bakteri *Neisseria gonorrhoeae*. Gejala penyakit ini adalah rasa sakit dan keluar nanah pada saat kencing pada laki-laki, serta keputihan berwarna kuning hijau pada perempuan. Penyakit ini dapat menyebabkan kebutaan pada bayi yang baru lahir. Perhatikan Gambar 1.22!

Sumber: (a) www.microfcmunr.com.ar, (b) medicaresab.com

Gambar 1.22 (a) Bakteri *Neisseria gonorrhoeae,* (b) Kerusakan Mata pada Penderita GO

c. Sifilis (Raja Singa)

Sifilis adalah penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Treponema pallidum*. Gejala awal penyakit ini adalah luka pada tempat masuknya bakteri ke dalam tubuh, biasanya pada daerah sekitar kelamin. Perhatikan Gambar 1.23! Penyakit ini dapat menyebar dan menyerang organ-organ tubuh lainnya, kemudian menimbulkan kerusakan pada organ tersebut.

Sumber: (a) www.jornallivre.com.br, (b) www.glogster.com

Gambar 1.23 (a) Bakteri *Treponema pallidum,* (b) Gejala Penyakit pada Wajah Penderita Sifilis

d. Herpes Simplex Genitalis

Penyakit herpes simplex genitalis disebabkan oleh virus *Herpes simplex* tipe II, yang menyerang kulit di daerah genitalia luar, anus, dan vagina. Gejala penyakit ini berupa gatal-gatal, pedih, dan kemerahan pada kulit di daerah kelamin. Kemudian pada daerah tersebut timbul beberapa lepuh kecil-kecil, dan selanjutnya lepuh menjadi pecah dan menimbulkan luka. Perhatikan Gambar 1.24! Penyakit herpes sulit sekali sembuh dan sering kambuh setelah beberapa bulan atau tahun.

Sumber: (a) consults.blogs.nytimes.com, (b) www.bestonlinemd.com

Gambar 1.24 (a) Virus *Herpes simplex,* (b) Gejala Penyakit Herpes pada Kulit Terutama pada Alat Kelamin

e. Keputihan

Keputihan yaitu penyakit kelamin yang terjadi pada perempuan dengan ciri-ciri terdapat cairan berwarna putih kekuningan atau putih keabu-abuan pada bagian vagina. Cairan tersebut bersifat encer atau kental, berbau tidak sedap, dan dapat menyebabkan rasa gatal pada vagina. Penyakit ini dapat diakibatkan oleh infeksi jamur *Candida albicans* (Gambar 1.25), bakteri, virus dan parasit. Penyakit ini dapat terjadi apabila kebersihan bagian vagina dan sekitarnya kurang dijaga dengan baik.

Sumber: doctorfungus.org

Gambar 1.25 Jamur *Candida albicans*

f. Epididimitis

Penyakit ini terjadi pada laki-laki. Epididimitis adalah peradangan pada saluran epididimis yang disebabkan oleh infeksi atau terkena penyakit menular seksual. Penyakit ini ditandai dengan rasa nyeri disertai pembengkakan pada salah satu testis. Salah satu penyebab terjadinya penyakit ini adalah pergaulan bebas.

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 1.3 Studi Lapangan tentang Penyakit pada Sistem Reproduksi

Apa yang kamu perlukan?

1. Alat tulis
2. Buku daftar pertanyaan
3. Kamera (jika ada)

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Ayo kita buat kelompok yang terdiri atas 4-5 orang.
2. Buatlah daftar pertanyaan yang akan kamu ajukan kepada para petugas kesehatan tentang penyakit pada sistem reproduksi! Diskusikan dengan guru untuk membantu menyusun pertanyaan tersebut.
3. Bersama anggota kelompokmu kunjungilah pusat-pusat kesehatan seperti Puskesmas, rumah sakit, atau tempat praktik dokter untuk mencari tahu tentang penyakit pada sistem reproduksi manusia.

Bersikaplah sopan dan santun ketika kamu bertanya kepada petugas kesehatan!

4. Susunlah hasil wawancara yang kamu lakukan dalam bentuk laporan. Jika memungkinkan lengkapi laporanmu dengan foto atau video yang diambil saat studi lapangan!

2. Upaya Pencegahan Penyakit pada Sistem Reproduksi Manusia

Sistem reproduksi pada manusia harus dijaga sebaik-baiknya. Selain untuk kesehatan, hal ini dilakukan sebagai salah satu cara kita mengagungkan ciptaan Tuhan. Penyakit pada sistem reproduksi dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah kurang

menjaga kebersihan organ reproduksi. Apabila kebersihan organ reproduksi kurang dijaga, akan dapat terjangkit oleh penyakit yang disebabkan oleh jamur, bakteri, atau pun parasit lain. Nah, berikut ini ada beberapa upaya untuk mencegah terjangkitnya penyakit yang disebabkan oleh infeksi jamur, bakteri, atau pun parasit lain.

a. Menggunakan celana dalam yang berbahan katun dan bertekstur lembut. Hindari bahan yang bersifat panas, kurang menyerap keringat dan berbahan ketat (misalnya *jeans*).
b. Biasakan membilas dengan bersih organ reproduksi setiap selesai buang air kecil maupun buang air besar. Selanjutnya, keringkan sisa air yang masih menempel di kulit dengan menggunakan tisu atau handuk hingga benar-benar kering. Ini akan dapat mengurangi risiko terjadinya infeksi oleh jamur pada bagian organ reproduksi.
c. Mengganti celana dalam 2 – 3 kali sehari.
d. Memotong rambut yang ada di daerah organ reproduksi apabila sudah panjang, karena apabila terlalu panjang akan menjadi sarang kuman.
e. Bagi kamu yang perempuan, apabila sedang mengalami menstruasi, gantilah pembalut sesering mungkin. Pada saat aliran darah banyak, kamu dapat menggantinya minimal 2–3 jam sekali. Darah yang tertampung pada pembalut dapat menjadi media tumbuhnya kuman penyebab infeksi.
f. Bagi kamu yang perempuan, hindari menggunakan sabun pembersih daerah kewanitaan dan *pantyliner* secara terus-menerus. Penggunaan sabun pembersih daerah kewanitaan akan mengubah pH vagina dan akan membunuh bakteri baik (flora normal) dalam vagina, yang selanjutnya akan memicu tumbuhnya jamur. Penggunaan *pantyliner* secara terus-menerus, dapat menyebabkan daerah kewanitaan menjadi lembap, sehingga memudahkan terjadinya infeksi bakteri dan jamur, menyebabkan munculnya jerawat di daerah kewanitaan, dan menyebabkan iritasi pada kulit.
g. Rajin berolahraga dan banyak mengonsumsi buah dan sayur. Selain bermanfaat bagi kesehatan, juga dapat mencegah terjadinya infeksi organ reproduksi oleh jamur.

Faktor yang dapat menyebabkan penyakit pada sistem reproduksi adalah akibat pergaulan bebas dan penggunaan narkoba. Namun, penyakit pada sistem reproduksi juga dapat disebabkan oleh transfusi

darah yang sudah terinfeksi penyakit atau diturunkan dari orang tua yang sudah terinfeksi melalui proses kehamilan. Agar kamu dapat mencegah terjadinya penyakit pada sistem reproduksi yang disebabkan oleh faktor tersebut, kamu harus dapat menjaga pergaulan dan memilih gaya hidup yang sehat. Selain itu, gunakan internet secara arif dan bijaksana, dengan tidak mengakses situs-situs yang menyediakan gambar atau film porno, yang secara pelan tapi pasti akan mendorong kamu pada pergaulan bebas yang sangat rentan dengan penularan penyakit seksual. Hal lain yang dapat kamu lakukan adalah menjauhkan diri dari penggunaan narkoba, karena ini merupakan cara lainnya yang dapat menjadikan kamu penderita penyakit seksual. Gunakan waktu luangmu untuk menyalurkan hobi atau kegiatan yang positif, sehingga kamu dapat berprestasi dan terhindar dari pergaulan yang tidak sehat.

Kamu juga dapat melakukan eksplorasi berbagai jenis penyakit pada sistem reproduksi serta penyebab dan upaya pencegahan yang dapat dilakukan sejak dini. Kegiatan ini dapat kamu lakukan dengan bimbingan guru IPA di sekolah. Kunjungi seminar-seminar kesehatan yang membahas masalah kesehatan reproduksi remaja untuk mendapat informasi yang tepat dan sesuai. Tidak menutup kemungkinan kamu juga dapat mengadakan acara diskusi kesehatan reproduksi dengan mengundang para dokter atau narasumber yang memahami tentang HIV/AIDS. Kamu juga dapat bertanya kepada dokter, orang tua, dan anggota keluarga yang lain. Banyaklah bertanya mengenai cara menjaga organ reproduksi dari serangan penyakit. Hal ini dapat menghindari kamu dari sumber informasi yang salah, misalnya informasi dari dunia maya yang belum tentu semuanya layak untuk anak seusia kamu.

Ayo, Kita Renungkan

Belajar mengenai sistem reproduksi pada makhluk hidup sama halnya seperti melihat sebagian dari perjalanan siklus hidup kita. Tidak semua proses reproduksi dapat kita amati secara langsung. Selama ini kita hanya mengetahui bahwa setiap organisme secara alami menghasilkan keturunan baru untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Namun, kita tidak tahu persis tahapan proses untuk menghasilkan keturunan tersebut. Proses reproduksi manusia untuk menghasilkan keturunan, bukanlah proses yang sederhana. Begitu banyak faktor yang terlibat dalam proses ini, misalnya proses pembentukan sperma dan ovum, kondisi tempat pertemuan antara sperma dan ovum, dan kondisi tempat serta pertumbuhan embrio di dalam rahim ibu sebelum bayi dilahirkan.

Sebagai makhluk hidup yang diberi kesempatan untuk berada di dunia ini, Tuhan juga memberi kita tanggung jawab untuk mempertahankan keberadaan kita di dunia. Oleh karena itu, sudah seharusnya manusia berusaha menghasilkan keturunan yang sehat dan cerdas sesuai norma-norma yang berlaku. Cara yang dapat dilakukan adalah dengan menjaga organ reproduksi tetap sehat. Hal lain yang dapat dilakukan adalah menjaga pergaulan dengan baik sesuai aturan agama dan moral. Juga menjaga diri agar terhindar dari penyakit pada sistem reproduksi, yang saat ini dapat mengancam siapa saja. Nah, bagaimana dengan kamu? Ayo, coba jawab pertanyaan pada Tabel 1.5!

Tabel 1.5 Pertanyaan/Pernyataan untuk Refleksi Terkait Sistem Reproduksi pada Manusia

No	Pertanyaan/Pernyataan	Ya	Tidak
1	Apakah kamu sudah menjaga kebersihan dan kesehatan alat reproduksimu?		
2	Apakah kamu rajin mengganti pakaian dalam kamu?		
3	Apakah kamu tidak buang air kecil sembarangan?		
4	Apakah kamu menghindari situs-situs yang mengandung hal-hal yang bersifat pornografi?		

No	Pertanyaan/Pernyataan	Ya	Tidak
5	Apakah kamu menggunakan waktu luang untuk menyalurkan hobi atau kegiatan yang positif sehingga terhindar dari pergaulan yang tidak sehat?		
Total			

Coba kamu hitung, berapa total skormu dengan ketentuan:

- Jawaban ”ya” mendapat skor 2 (dua)
- Jawaban ”tidak” mendapat skor 0 (nol)

Bandingkan total skormu dengan kriteria berikut:

Skor 0 - 3 : berarti kamu tidak peduli terhadap sistem reproduksimu

Skor 4 - 6 : berarti kamu kurang peduli terhadap sistem reproduksimu

Skor 7 - 10 : berarti kamu peduli terhadap sistem reproduksimu

Untuk kamu yang tidak peduli atau kurang peduli, sebaiknya kamu terus berusaha untuk meningkatkan kepedulianmu pada kesehatan sistem reproduksimu.

Info Tokoh

980 M – 1037 M

Ibnu Sina

Beliau mengetahui masalah kemandulan, menjelaskan tentang demam yang diakibatkan oleh nifas, aborsi, kanker yang berserabut, dan tertutupnya saluran pada alat kelamin wanita

1561-1626 M

Ar-Razi

Seorang dokter dan guru besar dalam ilmu kedokteran di Eropa. Beliau mengembangkan penelitian tentang penyakit pada wanita dan kebidanan

1632-1723 M

Antony van Leeuwenhoek

Penemu sel spermatozoa

1666 - 1709 M

William Cowper

Penemu kelenjar Cowper (Bulbuoretra)

1903 - 1967

Gregory Pincus

Ilmuwan pertama yang menemukan envoid (pil pertama pencegah kehamilan)

Rangkuman

1. Pembelahan mitosis merupakan tipe pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anakan yang mempunyai karakter identik secara genetik dengan sel induk. Jika sel induk memiliki kromosom 2n (**diploid**), maka jumlah kromosom yang dimiliki oleh sel anakan juga 2n (diploid).
2. Pembelahan meiosis adalah pembelahan sel yang menghasilkan empat sel anakan yang memiliki kromosom haploid (n) yang berasal dari sel induk diploid (2n).
3. Sistem reproduksi pada laki-laki tersusun atas penis dan skrotum yang termasuk alat reproduksi luar; testis, epididimis, vas deferens, uretra, kelenjar vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar Cowper yang termasuk alat reproduksi dalam.
4. Spermatogenesis merupakan proses pembentukan sperma yang terjadi di dalam tubulus seminiferus. Kumpulan tubulus inilah yang membentuk testis.
5. Proses pembentukan sperma bermula dari sel induk sperma atau spermatogonium yang bersifat diploid (2n). Selanjutnya, sel spermatogonium mengalami pembelahan secara mitosis maupun meiosis dan mengalami diferensiasi atau perkembangan sehingga terbentuk sel sperma atau spermatozoa yang memiliki ekor dan bersifat haploid (n).
6. Alat reproduksi perempuan dapat dibedakan menjadi alat reproduksi luar yang terdiri atas vulva dan labium serta alat reproduksi dalam yang terdiri atas ovarium, *tuba fallopii*, uterus, dan vagina.
7. Oogenesis merupakan proses pembentukan sel kelamin perempuan (ovum) yang terjadi di dalam ovarium.
8. Menstruasi terjadi apabila sel telur tidak dibuahi oleh sel sperma.
9. Fertilisasi terjadi apabila sel telur dibuahi oleh sel sperma. Setelah terjadi fertilisasi, zigot yang terbentuk akan melakukan pembelahan dan berkembang menjadi embrio yang selanjutnya tertanam ke dalam endometrium, pada kondisi ini seseorang mengalami kehamilan.
10. Penyakit yang terjadi pada sistem reproduksi manusia antara lain gonore, sifilis, herpes simplex genitalis, HIV/AIDS, keputihan, dan epididimitis.

Bagan Konsep

Sistem Reproduksi pada Manusia

- terdiri atas:
  - **Sistem Reproduksi pada Laki-laki**
    - Alat Reproduksi Luar
      - terdiri atas:
        - Penis
        - Skrotum
    - Alat Reproduksi Dalam
      - Epididimis
      - Vas deferens
      - Uretra
      - Kelenjar vesikula seminalis
      - Kelenjar prostat
      - Kelenjar Cowper
      - Testis
        - Spermatogenesis
  - **Sistem Reproduksi pada Perempuan**
    - Alat Reproduksi Luar
      - terdiri atas:
        - Vulva
        - Labium
    - Alat Reproduksi Dalam
      - Vagina
      - *Tuba fallopii*
        - tempat terjadi: Fertilisasi
      - Uterus
        - tempat terjadi: Kehamilan
      - Ovarium
        - tempat terjadi: Oogenesis
    - terjadi: Siklus Menstruasi
- dapat mengalami:
  - **Penyakit pada Sistem Reproduksi Manusia**
    - perlu adanya: Usaha Pencegahan

Spermatogenesis dan Oogenesis melibatkan Pembelahan:
- Mitosis
- Meiosis

Uji Kompetensi

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!

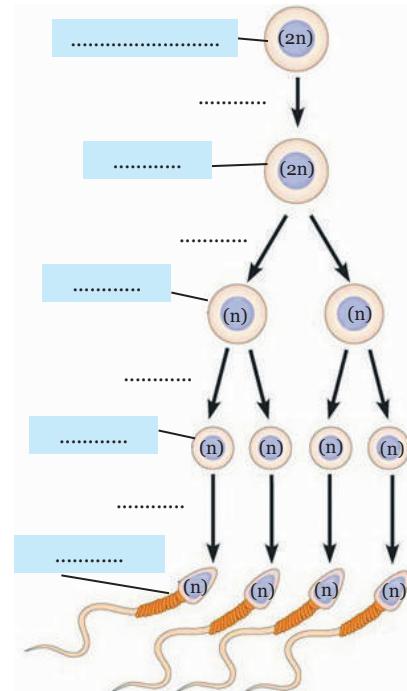
1. Bagian testis yang berperan dalam produksi sperma dan hormon testosteron disebut ....
   A. epididimis
   B. vas deferens
   C. vesikula seminalis
   D. tubulus seminiferus

2. Pasangan antara bagian alat reproduksi laki-laki dan fungsinya berikut ini yang benar adalah ....
   A. skrotum berfungsi sebagai pembungkus testis
   B. tubulus seminiferus berfungsi sebagai saluran tempat keluarnya sperma
   C. uretra berfungsi sebagai tempat pematangan sperma
   D. vas deferens berfungsi sebagai tempat produksi sperma

3. Pernyataan yang benar terkait dengan jumlah kromosom spermatogonium dan spermatozoa adalah ....
   A. spermatogonium bersifat diploid, spermatozoa bersifat haploid
   B. spermatogonium bersifat haploid, spermatozoa bersifat diploid
   C. spermatogonium bersifat diploid, spermatozoa bersifat diploid
   D. spermatogonium bersifat haploid, spermatozoa bersifat haploid

4. Ovarium adalah tempat terjadinya ....
   A. fertilisasi
   B. implantasi
   C. pematangan ovum
   D. perkembangan bayi

5. Pernyataan yang benar mengenai oogenesis adalah ....
   A. oogenesis dimulai sejak bayi dilahirkan
   B. hasil akhir oogenesis adalah satu ovum dan tiga badan polar
   C. badan polar merupakan hasil pembelahan oosit sekunder secara meiosis
   D. ketika bayi perempuan lahir proses pembentukan sel telur sampai pada fase pembentukan oosit primer

6. Tahap oogenesis pada bayi perempuan yang baru lahir telah sampai pada fase ....
   A. ootid
   B. oogonium
   C. oosit primer
   D. oosit sekunder
7. Hormon yang memicu berkembangnya folikel dan penebalan dinding rahim secara berturut-turut adalah ....
   A. LH dan FSH
   B. LH dan estrogen
   C. FSH dan progesteron
   D. estrogen dan progesteron
8. Berikut ini yang langsung terbentuk setelah proses fertilisasi adalah ....
   A. janin
   B. zigot
   C. embrio
   D. plasenta
9. Proses meluruhnya sel-sel epitel yang menyusun dinding rahim disebut ....
   A. ovulasi
   B. fertilisasi
   C. implantasi
   D. menstruasi
10. Perhatikan ciri penyakit berikut ini!
    1. Disebabkan oleh *Treponema pallidum*
    2. Biasanya menyerang daerah sekitar kelamin
    3. Gejala awal berupa borok pada tempat masuknya bakteri

    Ciri-ciri penyakit di atas dimiliki oleh orang yang menderita penyakit ....
    A. sifilis
    B. gonore
    C. HIV/AIDS
    D. herpes simplex genitalis

B. Jawablah dengan benar pertanyaan berikut!

1. Jelaskan proses terjadinya menstruasi dan hormon yang berperan!
2. Uterus atau rahim merupakan bagian dari sistem reproduksi pada mamalia. Sebutkan salah satu fungsi uterus!
3. Bagaimanakah cara penularan HIV/AIDS? Jelaskan pula cara pencegahan agar tidak tertular HIV/AIDS!
4. Lengkapilah skema proses spermatogenesis berikut ini!

5. Saat ovum mengalami pembuahan, zigot yang dihasilkan akan berkembang dan menempel pada dinding endometrium yang sudah menebal. Oleh karena itu, ketebalan endometrium harus dipertahankan selama kehamilan. Jelaskan mekanisme hormonal untuk mempertebal dan mempertahankan ketebalan dinding endometrium!

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Membuat Poster Pencegahan Penyakit Seksual

- **Permasalahan**

Setelah kamu mempelajari sistem reproduksi kamu menjadi tahu tentang organ-organ reproduksi manusia, sistem reproduksi laki-laki, sistem reproduksi perempuan, dan beberapa macam kelainan yang terjadi pada sistem reproduksi manusia. Tentu kamu tidak ingin ada teman atau keluargamu yang terkena penyakit atau kelainan pada sistem reproduksinya bukan? Oleh karena itu, mari kita cari tahu bagaimana cara pencegahan agar sistem reproduksi kita tetap terjaga kesehatannya!

- **Perencanaan**

Lakukan kegiatan ini dalam kelompok (3-5 orang per kelompok). buatlah poster pencegahan penyakit seksual yang mencakup cara pencegahan agar tidak terkena penyakit tersebut.

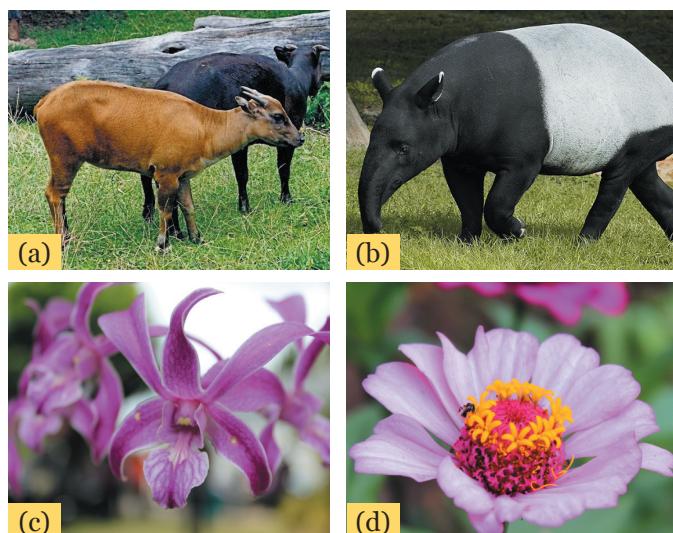
- **Pelaksanaan**

Gunakan ide-ide kreatifmu pada saat kamu menyusun poster. Selain itu, jangan lupa bekerjasamalah dengan teman satu kelompokmu selama kamu menyelesaikan proyek ini.

- **Penilaian**

Penilaian dilakukan berdasarkan:

1. Produk berupa poster pencegahan penyakit seksual.
2. Presentasi poster yang sudah kamu buat tentang pencegahan penyakit seksual.

Sistem Perkembangbiakan Tumbuhan dan Hewan

Sumber: Dok. Kemdikbud

Tahukah kamu bahwa ribuan ikan di laut ditangkap dan ratusan ton sayuran dipanen tiap hari untuk dikonsumsi? Pernahkah kamu berpikir bahwa apabila sumber daya alam hayati terus menerus digunakan dapat mengalami kepunahan? Bagaimana agar sumber daya alam berupa hewan dan tumbuhan tidak punah? Hewan dan tumbuhan merupakan sumber daya alam terbarukan yang dapat terus dilestarikan melalui upaya perkembangbiakan. Perkembangbiakan hewan dan tumbuhan dapat dilakukan melalui dua cara yaitu perkembangbiakan seksual dan aseksual. Supaya kamu dapat memahami lebih lanjut tentang perkembangbiakan hewan dan tumbuhan, ayo semangat mempelajari bab ini!

Mahabesar Tuhan Yang Maha Esa yang telah menciptakan berbagai jenis makhluk hidup seperti tumbuhan dan hewan di Indonesia ini, sehingga kita merasakan indahnya kekayaan alam negara kita. Di negara kita, terdapat beragam jenis hewan dan tumbuhan. Apa saja jenis hewan yang ada di Indonesia? Apa saja jenis tumbuhan yang ada di Indonesia?

Di Indonesia terdapat berbagai jenis hewan misalnya sapi, harimau, gajah, anoa, tapir, berbagai macam burung, dan aneka ragam kupu-kupu. Indonesia juga memiliki berbagai jenis tumbuhan yang asli dari Indonesia dan tumbuhan dari wilayah lain yang dapat tumbuh di Indonesia, misalnya bunga kertas, anggrek, melati, bunga bangkai, cengkih, pala, dan lain sebagainya. Perhatikan Gambar 2.1!

Sumber: (a) www.biolib.cz, (b) hype.my, (c) dan (d) Dok. Kemdikbud

Gambar 2.1 Beberapa Jenis Hewan dan Tumbuhan di Indonesia, (a) Anoa, (b) Tapir, (c) Bunga Anggrek, (d) Bunga Kertas

Agar keberadaan hewan dan tumbuhan tetap lestari dan tidak punah diperlukan kemampuan untuk melakukan perkembangbiakan. Apa saja macam perkembangbiakan yang kamu ketahui? Ayo, lebih bersemangat belajar supaya kamu lebih paham dan lebih mencintai makhluk hidup di sekitarmu!

A. Perkembangbiakan pada Tumbuhan

Ayo, Kita Pelajari

- Perkembangbiakan *Angiospermae* dan *Gymnospermae*
- Perkembangbiakan pada tumbuhan paku dan lumut

Istilah Penting

- *Angiospermae*
- *Gymnospermae*
- Aseksual
- Seksual
- Rhizoma
- Stolon
- Umbi
- Cangkok
- Merunduk
- Mengenten
- Okulasi
- Polinasi
- Pembuahan
- Perkecambahan

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini dapat membantu kamu memahami cara tumbuhan dapat tumbuh dan berkembang biak sehingga kamu dapat dengan mudah mengembangbiakkan dan melestarikannya.

Pernahkah kamu mengamati tumbuhan yang berada di sekitar rumah atau sekolahmu? Tahukah kamu bagaimana tumbuhan yang berada di sekitarmu menjadi bertambah banyak? Bagaimana tumbuhan tersebut berkembang biak atau bereproduksi? Pada bab ini akan dipelajari berbagai macam cara perkembangbiakan kelompok besar tumbuhan, yaitu tumbuhan berbiji (*Spermatophyta*), tumbuhan paku (*Pteridophyta*), dan lumut (*Bryophyta*). Pembahasan pada tumbuhan berbiji (*Spermatophyta*) dibagi menjadi tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospermae*) dan tumbuhan berbiji terbuka (*Gymnospermae*). Penasaran bukan dengan penjelasan dan contoh setiap golongan tumbuhan? Ayo, kita pelajari pembahasannya dengan saksama!

1. Perkembangbiakan Tumbuhan Angiospermae

Pernahkah kamu melihat tanaman mangga, rambutan, kelapa, padi, dan jagung? Tanaman tersebut merupakan contoh dari kelompok tumbuhan *Angiospermae*. Apa yang dimaksud tumbuhan *Angiospermae*? Tumbuhan *Angiospermae* atau tumbuhan biji tertutup adalah tumbuhan yang memiliki ciri bakal biji berada dalam bakal buah (ovarium). Bakal buah adalah bagian putik yang membesar yang tersusun oleh daun buah (karpel). Bakal buah selanjutnya akan berkembang menjadi buah dan bakal biji berkembang menjadi biji.

Tumbuhan biji tertutup sangat penting bagi kehidupan manusia maupun hewan, karena tumbuhan inilah yang menyediakan hampir semua bahan makanan yang berasal dari tumbuhan. Tumbuhan *Angiospermae* mengalami perkembangbiakan vegetatif dan perkembangbiakan generatif.

a. Perkembangbiakan Vegetatif pada Tumbuhan *Angiospermae*

Tahukah kamu apa saja organ tumbuhan yang terlibat dalam proses perkembangbiakan vegetatif? Coba kamu ingat lagi, organ tumbuhan apa yang terlibat dalam perkembangbiakan tanaman singkong, stroberi, dan bawang merah? Jika kesulitan, kamu dapat mengamati langsung tanaman tersebut di lingkungan sekitarmu. Lakukanlah aktivitas berikut bersama temanmu agar lebih memahami materi perkembangbiakan vegetatif pada tumbuhan!

Ayo, Kita Diskusikan

Cobalah lengkapi Tabel 2.1 tentang cara perkembangbiakan vegetatif tumbuhan yang kamu ketahui! Cari sebanyak mungkin tumbuhan yang dapat kamu tulis pada Tabel 2.1. Berdiskusilah dengan temanmu untuk menyelesaikan tugas ini!

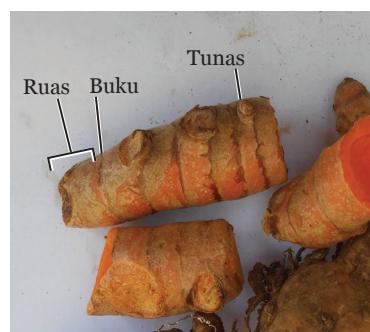
Tabel 2.1 Cara Perkembangbiakan Vegetatif Tumbuhan

No.	Jenis Tumbuhan	Bagian Tumbuhan yang Ditanam				Buatan	Alami
		Daun	Batang	Akar	Umbi		
1	Singkong		✓			✓	
2	Bawang merah				✓		✓
3							

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Tumbuhan apa sajakah yang dapat berkembang biak dengan bantuan manusia?
2. Tumbuhan apa sajakah yang dapat berkembang biak tanpa bantuan manusia atau secara alami?
3. Coba jelaskan mengapa bagian tumbuhan dapat digunakan untuk menghasilkan individu baru?
4. Kesimpulan apa yang dapat disusun berdasarkan hasil diskusi yang telah kamu lakukan?

Berdasarkan hasil aktivitas ”Ayo, Kita Diskusikan” tentang perkembangbiakan vegetatif pada tumbuhan, apakah kamu menemukan bahwa beberapa tumbuhan dapat berkembang biak dengan menggunakan bagian tubuh tumbuhan yang berbeda? Jika kamu cermati, tumbuhan dapat berkembang biak dengan menggunakan bagian tumbuhan seperti akar, batang, ataupun daun. Cara perkembangbiakan tumbuhan dengan menggunakan bagian tumbuhan disebut **perkembangbiakan secara vegetatif**. Perkembangbiakan tumbuhan secara vegetatif dapat menghasilkan individu baru tanpa melibatkan proses fertilisasi (proses peleburan inti sel sperma dengan inti sel telur sehingga membentuk zigot).

Tumbuhan dapat melakukan perkembangbiakan vegetatif karena tumbuhan memiliki sel-sel yang memiliki kemampuan untuk berkembang menjadi berbagai jenis sel penyusun jaringan dan organ tumbuhan yang disebut **sel meristem**. Keturunan yang dihasilkan dari perkembangbiakan vegetatif memiliki sifat atau karakter yang sama dengan sifat induk.

1) Perkembangbiakan Vegetatif Alami

Berdasarkan hasil aktivitas ”Ayo, Kita Diskusikan” tentang perkembangbiakan vegetatif tumbuhan, kamu telah mengenal dan mengetahui perkembangbiakan vegetatif pada tumbuhan bukan? Kamu juga menemukan bahwa tumbuhan dapat berkembang biak dengan bantuan manusia dan ada pula tumbuhan yang dapat berkembang biak tanpa bantuan manusia (secara alami). Cermati lagi tumbuhan apa saja yang dapat berkembang biak tanpa bantuan manusia atau berkembang biak secara alami!

Tumbuhan yang dapat berkembang biak dengan bagian tubuhnya tanpa bantuan manusia inilah yang disebut dengan perkembangbiakan vegetatif alami. Berikut ini adalah berbagai macam cara perkembangbiakan vegetatif alami.

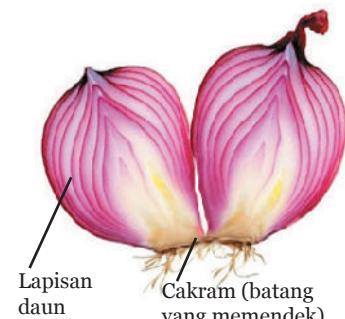
Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 2.2 Ruas dan Buku pada Rhizoma Kunyit

a) Rhizoma

Perhatikan Gambar 2.2! Masih ingatkah kamu dengan ciri-ciri batang? Pada batang terdapat ruas dan buku. Pada buku inilah tempat tumbuhnya tunas

yang akan berkembang menjadi tumbuhan baru. Beberapa tumbuhan berkembang biak dengan tunas pada batang yang ada di dalam tanah. Batang yang ada di dalam tanah disebut **rhizoma**. Beberapa contoh tumbuhan yang perkembangbiakannya dengan rhizoma adalah jahe, kunyit, lengkuas, dan temu lawak.

b) Stolon

Pernahkah kamu mengamati rumput di lapangan? Pada rumput dan beberapa tanaman lain, misalnya stroberi dan pegagan terdapat batang yang menjalar di atas tanah. Batang tumbuhan yang menjalar di atas tanah disebut **stolon** (geragih). Tunas dapat tumbuh pada buku dari stolon. Saat tunas terpisah dari tanaman induk, tunas sudah mampu tumbuh menjadi individu baru. Perhatikan Gambar 2.3!

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 2.3 Stolon pada Stroberi

c) Umbi Lapis

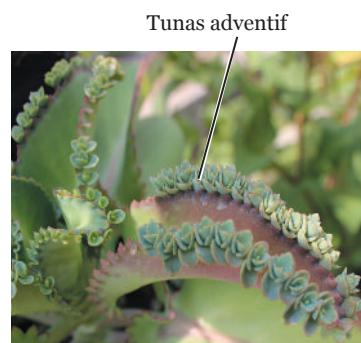
Tahukah kamu apa yang dimaksud dengan umbi lapis? Umbi lapis terdapat pada bawang merah (Gambar 2.4). Coba perhatikan lapisan-lapisan yang terdapat pada bawang merah. Dinamakan **umbi lapis** karena memperlihatkan susunan berlapis-lapis yang terdiri atas daun yang menebal, lunak, dan berdaging serta batang yang berupa bagian kecil pada bagian bawah umbi lapis yang disebut dengan **cakram**. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa umbi lapis (**bulbus**) merupakan modifikasi batang dan daun.

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 2.4 Umbi Lapis pada Bawang Merah

Pada tumbuhan yang berkembang biak dengan umbi lapis, terdapat kuncup samping. Kuncup samping yang tumbuh biasanya merupakan umbi lapis kecil-kecil, berkelompok di sekitar umbi induknya. Bagian ini dinamakan siung atau anak umbi lapis. Jika siung tersebut dipisahkan dari induknya, maka akan menghasilkan tumbuhan baru.

d) Umbi Batang

Pernahkah kamu mengamati sebuah kentang? Perhatikan Gambar 2.5! Jika kamu amati dengan saksama, pada permukaan kentang, mungkin kamu akan dapat melihat mata tunas (kuncup). Pada kondisi yang sesuai untuk pertumbuhannya dari mata tunas ini akan terbentuk tunas dan menghasilkan tumbuhan baru.

Kentang merupakan salah satu contoh tumbuhan yang mengalami penggembungan pada batang di dalam tanah dan berisi cadangan makanan. Batang yang demikian disebut dengan umbi batang. Umbi batang selain berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan juga berfungsi untuk perkembangbiakan. Tanaman ubi jalar juga dapat berkembang biak dengan menggunakan umbi batang.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.5 Tunas pada Kentang

e) Kuncup Adventif Daun

Bagaimana daun dapat menghasilkan individu baru? Tahukah kamu bahwa pada bagian tepi daun terdapat sel yang selalu membelah (sel meristem)? Pada bagian daun yang demikian dapat membentuk kuncup. Kuncup merupakan calon tunas yang terdiri atas calon batang beserta calon daun. Kuncup yang terdapat pada tepi daun disebut kuncup adventif daun atau tunas liar pada tepi daun. Contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan kuncup adventif daun adalah cocor bebek. Perhatikan Gambar 2.6!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.6 Daun Cocor Bebek

2) Perkembangbiakan Vegetatif Buatan

Pernahkah kamu mendengar tentang pohon jeruk yang masih muda, tetapi mampu menghasilkan buah dalam jumlah banyak dan rasa yang manis? Apakah jeruk jenis demikian ada secara alami di alam? Tahukah kamu bagaimana singkong atau ketela pohon ditanam di kebun yang luas? Perkembangbiakan vegetatif dapat terjadi secara alami di alam seperti yang telah dibahas sebelumnya. Perkembangbiakan vegetatif

juga dapat dilakukan dengan bantuan manusia. Bagaimana cara manusia membantu perkembangbiakan vegetatif tumbuhan? Ayo, kita lakukan Aktivitas 2.1!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 2.1 Menyelidiki Perkembangbiakan pada Beberapa Tumbuhan

Apa yang akan kamu lakukan?

Kamu akan mengamati cara perkembangbiakan beberapa jenis tumbuhan dan organ-organ tumbuhan yang berperan dalam proses perkembangbiakan.

Apa yang kamu perlukan?

1. Delapan buah gelas plastik bekas, polibag, atau pot kecil
2. Tanah
3. Air
4. Pisau/alat pemotong
5. Lidi
6. Tanaman iler (*Coleus*), tanaman cocor bebek, tanaman *Begonia*, dan tanaman bawang merah.
7. Jika kamu tidak menemukan tanaman tersebut, kamu dapat menggantinya dengan tanaman lain yang ada di sekitarmu.

(a) Iler (*Coleus*)

(b) Cocor bebek

(c) *Begonia*

(d) Bawang merah

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.7 Tanaman Bahan Amatan Percobaan Perkembangbiakan Vegetatif Tumbuhan

Mintalah bantuan orang tuamu untuk mencari tanaman yang diperlukan dalam percobaan jika kamu merasa kesulitan.

Apa yang harus kamu lakukan?

- **Perlakuan pada Tanaman Cocor Bebek, *Begonia*, dan Iler (*Coleus*)**

1. Masukkan tanah ke dalam sembilan gelas plastik dengan volume yang sama pada masing-masing gelas.
2. Potonglah bagian daun, batang, dan akar ketiga tanaman.
3. Tancapkan daun, batang, dan akar setiap tanaman pada tanah yang terdapat dalam gelas plastik tersebut. Kemudian siramlah potongan tanaman tersebut dengan air.
4. Amatilah dengan cermat bagian tumbuhan yang telah kamu tanam setiap 2 hari sekali selama 2 minggu. Jangan lupa menyirami potongan tanaman tersebut dengan air setiap 2 hari.
5. Catatlah dengan teliti hasil pengamatanmu pada Tabel 2.2.

Berhati-hatilah saat menggunakan alat pemotong, baik pisau maupun gunting agar tidak melukai diri sendiri dan orang lain! Amati dengan cermat bagian tanaman yang mengalami pertumbuhan dan perkembangan!

- **Perlakuan pada Bawang Merah**

1. Isilah dua gelas plastik bekas dengan air dengan volume yang sama pada masing-masing gelas plastik.
2. Potonglah tanaman bawang merah menjadi dua bagian yaitu bagian umbi dan bagian daun.
3. Tusuklah umbi dan daun bawang merah menggunakan lidi.
4. Letakkan umbi dan daun bawang merah tersebut pada gelas plastik yang telah diisi air dan pastikan bahwa ada bagian dari umbi dan daun yang terendam air.
5. Perhatikan Gambar 2.8 untuk memudahkan melakukan langkah 3 – 4!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.8 Perlakuan pada Umbi Bawang Merah dan Daun Bawang Merah

6. Lakukan pengamatan terhadap bagian tumbuhan yang telah kamu tanam selama dua minggu. Kamu perlu melakukan pengamatan dua hari sekali pada setiap percobaanmu.
7. Catatlah hasil pengamatanmu pada Tabel 2.2.

Data Hasil Pengamatan

Tabel 2.2 Data Hasil Pengamatan Menyelidiki Perkembangbiakan pada Beberapa Tanaman

Jenis Tanaman	Coleus			Cocor Bebek			*Begonia*			Bawang Merah		
Bagian Tanaman / Hari Ke-	A	B	D	A	B	D	A	B	D	A	B	D
2												
4												
6												
8												
10												
12												
14												

Keterangan: A = Akar ; B = Batang; D = Daun

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Tumbuhan manakah yang berkembang biak dengan akar?
2. Tumbuhan manakah yang dapat berkembang biak dengan menggunakan batang?
3. Tumbuhan manakah yang dapat berkembang biak dengan menggunakan daun?
4. Apakah ada tanaman yang tidak tumbuh? Apa penyebab tidak terjadinya pertumbuhan pada tanaman yang kamu amati?
5. Kesimpulan apa yang dapat disusun dari aktivitas yang telah kamu lakukan?

Berdasarkan Aktivitas 2.1 yang telah kamu lakukan, menurutmu apakah manusia dapat membantu perkembangbiakan tanaman yang lain, seperti pohon mawar, pohon mangga, atau tanaman jeruk? Berikut ini berbagai kegiatan yang dapat dilakukan manusia untuk membantu perkembangbiakan tanaman.

a) Cangkok

Cangkok dapat dilakukan dengan mengelupas kulit suatu batang tanaman berkayu, kemudian dibalut dengan tanah dan dibungkus dengan sabut kelapa atau plastik, sehingga tumbuh akar. Apabila bagian kulit yang terkelupas telah tumbuh akar, maka batang dapat dipotong dan ditanam di tanah. Tanaman yang dihasilkan dari cangkok memiliki sifat seperti induk dan cepat berbuah. Namun demikian, perakaran tanaman ini kurang kuat. Cangkok dapat dilakukan pada tanaman berkayu seperti mangga, rambutan, dan jeruk. Perhatikan Gambar 2.9!

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 2.9 Cangkok

b) Merunduk

Merunduk dapat dilakukan dengan membenamkan tangkai tanaman ke tanah, sehingga bagian yang tertanam dalam tanah tumbuh akar. Jika akar telah tumbuh, tanaman dapat dipisahkan dari induk. Merunduk dapat dilakukan pada tanaman yang memiliki cabang batang yang panjang dan lentur, misalnya bunga *Alamanda*. Perhatikan Gambar 2.10!

Sumber: www.abc.net.au
Gambar 2.10 Merunduk

c) Setek

Setek adalah cara perkembangbiakan vegetatif dengan memotong (memisahkan dari induk) suatu bagian tanaman dan kemudian ditanam untuk menghasilkan individu baru, misalnya untuk menanam ketela pohon dapat menggunakan batangnya atau disebut setek batang. Perhatikan Gambar 2.11! Tanaman cocor bebek dapat diperbanyak dengan menggunakan setek daun. Tanaman sukun dapat diperbanyak dengan menggunakan setek akar. Petani juga menggunakan teknik setek untuk menanam tebu, rumput gajah untuk pakan ternak, dan pohon seruni.

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 2.11 Setek Batang Singkong

Ayo, Kita Cari Tahu

Kamu telah mempelajari berbagai macam cara perkembangbiakan vegetatif buatan. Coba cari tahu manfaat dari perkembangbiakan vegetatif buatan bagi kehidupan manusia! Kamu dapat bertanya kepada orang tuamu, petani atau kamu juga dapat mencari jawabannya di buku perpustakaan, majalah, koran, artikel atau internet!

Tahukah Kamu?

Teknik Pemuliaan Tanaman

Pernahkah kamu mendengar istilah pemuliaan tanaman? Pemuliaan tanaman adalah suatu teknik yang digunakan untuk memperbaiki dan meningkatkan mutu suatu tanaman. Contoh teknik pemuliaan tanaman yaitu menyambung (mengenten) dan menempel (okulasi).

a. Menyambung (Mengenten)

Cara perkembangbiakan dengan cara menyambung (enten) adalah dengan memotong suatu batang tanaman lalu disambung dengan batang tanaman lain yang sejenis tetapi berbeda sifat. Perhatikan Gambar 2.12! Pada satu pohon tanaman hasil enten dapat menghasilkan dua atau lebih buah atau bunga dengan sifat yang berbeda, misalnya tanaman terong hijau disambung dengan terong ungu, maka dalam satu tanaman dapat menghasilkan terong hijau dan terong ungu.

Batang yang telah disambung

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.12 Bibit Tanaman Hasil Penyambungan

Tanaman *Bougainvillea* adalah salah satu tanaman yang sering disambung agar dalam satu tanaman terdapat beberapa warna bunga.Misalnya pada suatu cabang batang tanaman *Bougainvillea*

yang berwarna merah disambung dengan potongan cabang batang tanaman *Bougainvillea* berwarna ungu dan pada cabang lain disambung dengan cabang yang memiliki bunga berwarna putih. Dengan demikian, akan dihasilkan tanaman *Bougainvillea* yang memiliki bunga beraneka warna dalam satu tanaman.

b) Menempel (Okulasi)

Menempel (okulasi) dilakukan dengan menempelkan mata tunas yang ada pada kulit tanaman pada batang tanaman lain yang sejenis. Perhatikan Gambar 2.13! Teknik okulasi atau menempel sering digunakan oleh petani untuk mendapatkan tanaman unggul dari dua atau lebih tanaman yang sejenis.

Sumber: Dok. Kemdkbud

Gambar 2.13 Bibit Tanaman Hasil Penempelan

Salah satu penerapan teknik okulasi ialah untuk menghasilkan buah jeruk dengan sifat unggul. Terdapat jenis pohon jeruk berbatang kuat, jeruknya berukuran kecil serta rasanya masam, dan terdapat pula jenis pohon jeruk yang batangnya tidak terlalu kuat tetapi jeruknya besar dan manis. Mata tunas pohon jeruk dengan hasil buah besar dan manis ditempelkan pada batang pohon jeruk yang berbatang kuat. Oleh karena itu, akan dihasilkan pohon jeruk yang berbatang kuat dengan buah yang besar dan manis. Pohon jeruk yang masih muda tetapi mampu menghasilkan buah dalam jumlah banyak dan rasa yang manis dapat dihasilkan melalui teknik okulasi.

b. Perkembangbiakan Generatif pada Tumbuhan *Angiospermae*

Pada bagian sebelumnya telah dibahas tentang perkembangbiakan tumbuhan secara vegetatif. Organ tumbuhan seperti akar, batang, dan daun yang digunakan sebagai alat perkembangbiakan. Pada perkembangbiakan generatif, sel sperma dan sel telur mengalami fertilisasi, sehingga terbentuk embrio yang tersimpan dalam biji. Biji dapat tumbuh dan berkembang menjadi tumbuhan baru. Sifat dari keturunan (tumbuhan baru) dapat diperoleh dari gabungan sifat kedua induk. Hal ini yang menyebabkan sifat keturunan dari perkembangbiakan generatif bervariasi. Tahukah kamu di manakah letak sel kelamin pada tumbuhan? Bagian tumbuhan apa saja yang

terlibat dalam proses perkembangbiakan? Mari lakukan Aktivitas 2.2 untuk mengetahui lebih lanjut perkembangbiakan generatif tumbuhan!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 2.2 Mengamati Struktur Bagian Bunga

Apa yang akan kamu lakukan?
Kamu akan mengamati struktur bagian bunga

Apa yang kamu butuhkan?

1. Bunga sepatu atau bunga merak atau bunga bakung atau bunga labu kuning (kamu juga dapat membawa bunga apapun yang dapat kamu temukan di lingkungan rumahmu)
2. Alat Tulis
3. Lup (kaca pembesar)
4. Kertas manila atau buku gambar
5. Pensil warna
6. Kamera (boleh ada boleh tidak)

(a) Bunga Sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis*)

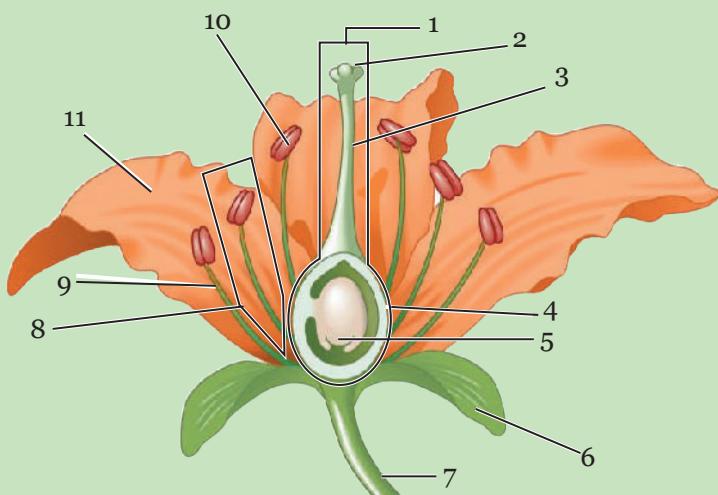
(b) Bunga Labu (*Cucurbita moschata*)

(c) Bunga Bakung (*Lilium candidum*)

(d) Bunga Merak (*Caesalpinia pulcherrima*)

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.14 Berbagai Macam Bunga Bahan Amatan Struktur Bunga

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Amatilah bagian-bagian bunga!
2. Gambarlah bunga yang kamu amati beserta bagian-bagiannya!
3. Berilah keterangan pada gambar tersebut!
4. Bandingkan bunga yang kamu amati dengan Gambar 2.15.
5. Apakah bunga yang kamu amati mempunyai bagian-bagian yang sama dengan gambar tersebut?
6. Jika telah selesai kegiatan, presentasikanlah hasil pengamatanmu di depan kelas!

Jika di kelasmu atau di sekolahmu terdapat fasilitas komputer dan LCD proyektor, kamu dapat mengambil gambar atau memotret bunga yang kamu amati, kemudian ditayangkan saat presentasi.

7. Berilah keterangan Gambar 2.15 pada tempat yang telah disediakan dengan istilah yang tepat!
   Bagian betina dari bunga disebut (1) ______, yang terdiri atas (2) ________, (3) ______, (4) ______, dan (5)______. Bagian bunga no. 6 adalah ______, dan bagian bunga no. 7 adalah ______. Bagian jantan pada bunga disebut (8) ______ terdiri atas (9) ______ dan (10) ______. Bagian bunga yang berwarna dan menarik disebut (11) ______.

Sumber: Reece *et al*. 2012

Gambar 2.15 Struktur Bunga

Jawablah pertanyaan berikut!

1. Bagian penting yang terdapat pada struktur bunga. Tuliskan fungsi bagian bunga yang telah kamu amati pada Tabel 2.3!

Tabel 2.3 Fungsi Bagian Bunga

No	Bagian Bunga	Fungsi
1	Benang sari	
2	Putik	
3	Mahkota bunga	
4	Kelopak bunga	
5	Tangkai bunga	

2. Bagian bunga manakah yang dapat digunakan sebagai alat perkembangbiakan?
3. Kesimpulan apa yang dapat disusun dari hasil kegiatan pembelajaran yang telah kamu lakukan?

1) Penyerbukan (Polinasi)

Coba kamu amati Gambar 2.16! Mengapa lebah atau hewan lain mendatangi bunga? Apa yang diambil lebah dari bunga? Apa manfaat keberadaan lebah bagi bunga? Lebah dan hewan lain tertarik pada bunga karena warna dari mahkota bunga dan madu yang dihasilkan oleh bunga. Terdapat hubungan yang saling menguntungkan antara lebah atau hewan lain dengan bunga. Lebah dan hewan lain ternyata dapat membantu bunga untuk melakukan penyerbukan. Pada tumbuhan, proses fertilisasi atau pembuahan diawali dengan peristiwa polinasi atau penyerbukan.

Sumber: www.gettyimages.com
Gambar 2.16 Lebah Hinggap pada Bunga

Pada Gambar 2.16, lebah membantu bunga dalam peristiwa penyerbukan. Serbuk sari melekat pada kaki lebah. Saat lebah berpindah, serbuk sari yang melekat pada kaki lebah dapat melekat pada kepala putik. Proses menempelnya serbuk sari ke kepala putik disebut **penyerbukan** (polinasi). Bagaimanakah terjadinya proses penyerbukan? Ayo, selesaikan Aktivitas 2.3 dengan penuh semangat agar kamu dapat lebih memahami materi penyerbukan!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 2.3 Menginvestigasi Cara Penyerbukan Bunga

Apa yang kamu perlukan?

1. Alat tulis
2. Kertas manila
3. Kamera (jika ada)

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Buatlah kelompok yang terdiri dari 4–5 orang.
2. Berkelilinglah di lingkungan sekolah atau di lingkungan rumahmu, tulislah beberapa bunga yang kamu temui dan catatlah hasil pengamatanmu pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Data Hasil Pengamatan Penyerbukan Bunga

No	Nama Tumbuhan	Bagian yang Perlu Diamati	Pembantu Penyerbukan
1.	Bunga matahari	Warna mahkota: berwarna kuning cerah Ukuran mahkota: besar Keberadaan madu: memiliki madu Bentuk serbuk sari: serbuk sari mudah menempel	Lebah
2.			
3.			

Jawablah pertanyaan berikut!

1. Carilah informasi pada buku, majalah, artikel, atau bertanyalah pada orang yang kamu anggap tahu, berdasarkan karakteristik bunga yang kamu amati, apa sajakah perantara yang membantu penyerbukan bunga?
2. Apakah kamu menemukan tumbuhan yang dapat melakukan penyerbukan tanpa bantuan apapun?
3. Kesimpulan apa yang dapat disusun berdasarkan kegiatan yang telah kamu lakukan?

Apa sajakah perantara penyerbukan bunga yang berfungsi membantu terjadinya proses penyerbukan? Apakah semua bunga yang kamu amati proses penyerbukannya selalu dibantu perantara? Disebut apakah penyerbukan yang dibantu oleh lebah? Bacalah dengan saksama macam-macam penyerbukan berdasarkan jenis perantaranya berikut ini!

a) *Anemogami*

Pernahkah kamu mengamati tanaman jagung atau padi? Tanaman jagung dan padi memiliki bunga yang kecil dan tangkai bunga yang mudah bergoyang bila tertiup angin. Tanaman dengan bunga yang

berukuran kecil, jumlah bunga banyak dan ringan, serta tidak menghasilkan nektar atau bau merupakan beberapa ciri tanaman yang penyerbukannya dibantu oleh angin. Penyerbukan yang dibantu oleh angin disebut ***anemogami***. Perhatikan Gambar 2.17!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.17 Tanaman Jagung

b) *Entomogami*

Bunga matahari memiliki warna yang menarik dan cerah yaitu kuning, dan menghasilkan nektar. Tahukah kamu apa fungsi ciri tersebut bagi bunga matahari? Ciri yang dimiliki bunga matahari dan bunga yang memiliki ciri serupa sangat menarik bagi serangga, seperti lebah, untuk hinggap dan menghisap nektar. Umumnya serbuk sari yang dihasilkan bunga tersebut lengket sehingga mudah melekat pada kaki serangga. Dengan demikian, serangga ikut memindahkan serbuk sari ke putik. Penyerbukan yang terjadi dengan bantuan serangga disebut ***entomogami***. Perhatikan Gambar 2.18!

Sumber: www.gettyimages.com

Gambar 2.18 Penyerbukan dengan Bantuan Lebah

Nektar atau madu yang dihasilkan bunga mengandung berbagai karbohidrat, seperti sukrosa, fruktosa, dan glukosa, hingga mencapai 87%. Selain itu, nektar juga mengandung asam amino, asam organik, vitamin, senyawa aromatik, dan juga mineral. Serangga mencari madu sebagai sumber energi untuk disimpan sebagai cadangan makanan.

c) *Ornitogami*

Ornitogami adalah penyerbukan yang dibantu oleh burung. Tanaman yang penyerbukannya dibantu oleh burung umumnya memiliki ukuran bunga yang besar, berwarna merah cerah, tidak berbau, menghasilkan nektar dalam jumlah cukup banyak, dan mahkota bunga berbentuk terompet, misalnya bunga cangkring atau dadap (*Erythrina variegata*). Ukuran bunga yang besar berguna untuk menahan berat dari burung. Namun, tidak semua jenis burung dapat membantu penyerbukan. Salah satu contoh burung yang dapat membantu penyerbukan adalah burung kolibri. Perhatikan Gambar 2.19!

Sumber: www.gettyimages.com
Gambar 2.19 Penyerbukan dengan Bantuan Burung

d) *Kiropterogami*

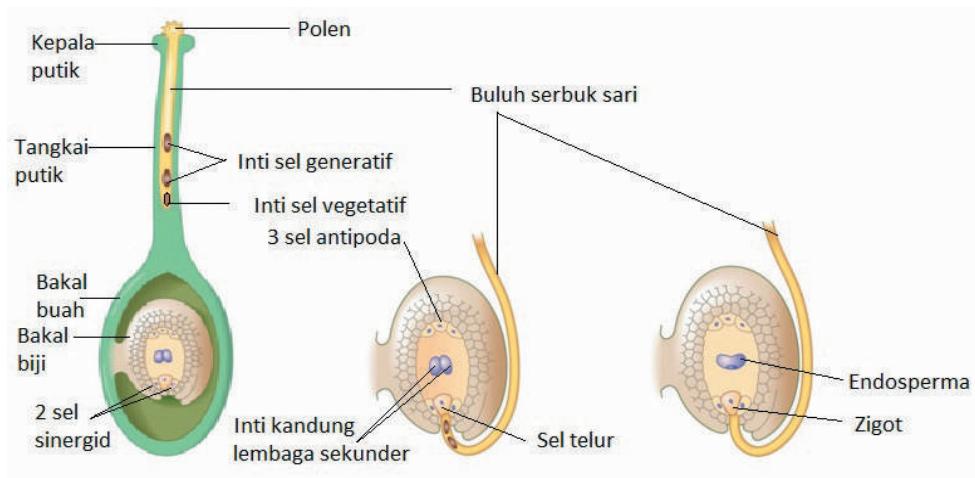
Kiropterogami adalah penyerbukan yang dibantu oleh kelelawar. Ciri-ciri bunga yang penyerbukannya dibantu oleh kelelawar ialah menghasilkan nektar, memiliki warna yang menarik, menghasilkan bau, dan mekar pada malam hari, misalnya tanaman kaktus. Perhatikan Gambar 2.20!

Sumber: www.gettyimages.com
Gambar 2.20 Penyerbukan dengan Bantuan Kelelawar

e) *Antropogami*

Perhatikan Gambar 2.21! Tanaman anggrek merupakan jenis tanaman yang penyerbukannya dibantu oleh manusia. Tanaman yang penyerbukannya dibantu oleh manusia biasanya merupakan bunga yang berumah dua, artinya dalam satu pohon hanya terdapat bunga jantan atau bunga betina saja. Antropogami juga dapat dilakukan apabila serbuk

Sumber: Dok. kemdikbud
Gambar 2.21 Manusia Membantu Penyerbukan Bunga Anggrek

sari suatu tanaman sulit untuk bertemu dengan putik, sehingga sulit untuk melakukan penyerbukan sendiri. Selain anggrek, tanaman yang penyerbukannya dibantu oleh manusia misalnya tanaman vanili dan salak.

Pada proses penyerbukan, serbuk sari dapat berasal dari bunga itu sendiri maupun dari bunga lain yang masih dalam satu spesies. Berdasarkan asal serbuk sarinya, penyerbukan dapat dibedakan menjadi beberapa macam.

a) Penyerbukan sendiri (*autogami*), yaitu jika serbuk sari yang menempel pada putik berasal dari bunga itu sendiri.
b) Penyerbukan tetangga (*geitonogami*), yaitu jika serbuk sari yang menempel pada putik berasal dari bunga lain pada tumbuhan itu juga.
c) Penyerbukan silang (*allogami/xenogami*), yaitu jika serbuk sari yang menempel pada kepala putik berasal dari bunga tumbuhan lain dan tumbuhan asal polen masih tergolong jenis yang sama.
d) Penyerbukan bastar (*hibridogami*), yaitu jika serbuk sari yang menempel pada kepala putik berasal dari bunga pada tumbuhan lain yang berbeda jenis atau setidaknya memiliki satu sifat beda.

2) Pembuahan (Fertilisasi)

Tahukah kamu apa yang terjadi pada serbuk sari setelah proses penyerbukan? Serbuk sari memiliki inti vegetatif dan inti generatif. Setelah serbuk sari melekat pada kepala putik (**stigma**) yang sesuai (berasal dari tumbuhan yang sejenis), serbuk sari akan menyerap air dan berkecambah membentuk buluh serbuk sari. Buluh serbuk sari tumbuh dan bergerak menuju bakal buah melalui tangkai putik. Inti sel generatif di dalam buluh serbuk sari akan membelah menjadi dua. Dua inti sel generatif tersebut akan berkembang menjadi dua inti sel sperma. Satu inti vegetatif di dalam serbuk sari berperan menjadi penuntun gerak tumbuh buluh serbuk sari ke bakal biji. Satu inti sel sperma membuahi inti sel telur (**ovum**) membentuk zigot (calon individu baru), dan satu inti sel sperma yang lain membuahi inti kandung lembaga sekunder membentuk endosperma atau cadangan makanan. Pada proses ini terjadi dua kali pembuahan sehingga disebut dengan **pembuahan ganda**. Agar lebih jelas perhatikan Gambar 2.22!

Sumber: Reece *et al*. 2012

Gambar 2. 22 Proses Pembuahan

Tahukah Kamu?

Ketika serbuk sari yang tidak sesuai (tidak berasal dari tumbuhan yang sejenis) melekat pada kepala putik (stigma) maka serbuk sari tidak akan berkecambah membentuk buluh serbuk sari sehingga proses pembuahan atau fertilisasi tidak dapat terjadi. Bagaimana ini dapat terjadi? Ternyata serbuk sari yang berasal dari tumbuhan lain tidak dapat melekat dengan kuat pada kepala putik.

Tahukah kamu mengapa hal ini dapat terjadi? Cobalah ingat materi tarik menarik antara molekul, yaitu adhesi dan kohesi. Gaya tarik-menarik antara molekul yang berbeda atau adhesi pada serbuk sari dengan kepala putik pada tumbuhan yang berbeda jenis amat lemah, sehingga menyebabkan serbuk sari mudah lepas dari kepala putik. Selain itu, pada permukaan serbuk sari terdapat senyawa kimia berupa lipid (lemak) dan protein termasuk enzim. Senyawa kimia ini akan bereaksi dengan senyawa kimia pada kepala putik. Jika serbuk sari tidak cocok, maka reaksi kimia dalam serbuk sari terhambat. Akibatnya, serbuk sari tidak dapat berkecambah membentuk buluh serbuk sari.

Ayo, Kita Cari Tahu

Kamu telah mengetahui mekanisme penyerbukan dan pembuahan. Sel buluh serbuk akan tumbuh terus menuju bakal biji memberikan jalan bagi inti sel sperma untuk membuahi sel telur. Coba jelaskan bagaimana buluh serbuk ini dapat tumbuh dan bergerak menuju tempat sel ovum secara tepat? Kamu dapat mencari informasi dari buku, artikel, majalah, maupun internet! Petunjuk: kaitkan dengan bakal biji, sinyal kimia (protein dan asam aminobutirat), dan gerak kemotaksis.

3) Penyebaran Biji

Pernahkah kamu menemukan tumbuhan yang tempat tumbuh induknya berjauhan dengan tempat tumbuh anaknya? Mengapa demikian? Tumbuhan tersebut ternyata melakukan penyebaran biji. Setelah terjadi pembuahan, bakal biji akan berkembang menjadi biji. Pada *Angiospermae* biji diselubungi oleh buah yang telah berkembang dari bakal buah (ovarium). Buah juga dapat membantu dalam penyebaran biji.

Penyebaran biji yang jauh dari induk akan meningkatkan peluang biji untuk tumbuh dan berkembang dengan baik menjadi individu baru. Hal ini karena biji yang tumbuh pada suatu area yang dekat dengan induk, akan berkompetisi dengan induk untuk mendapatkan cahaya, air, dan nutrisi. Proses penyebaran biji dapat terjadi secara alami atau dengan bantuan manusia. Lakukan aktivitas berikut agar kamu tahu macam-macam perantara dalam proses penyebaran biji.

Ayo, Kita Selesaikan

Lengkapilah Tabel 2.5 dengan menuliskan cara penyebaran biji dan perantara yang membantu tumbuhan untuk melakukan penyebaran biji pada tanaman berikut.

Tabel 2.5 Cara Penyebaran Biji

Nama Tumbuhan	Gambar	Cara Penyebaran Biji
Kapuk		
Padi		
Kopi		

Apa saja bahan perantara untuk menyebarkan biji yang berhasil kamu temukan? Terdapat banyak bahan perantara yang dapat membantu tanaman untuk menyebarkan biji. Berikut ini akan dibahas berbagai cara penyebaran biji dan istilah untuk masing-masing perantara.

a) *Anemokori*

Proses penyebaran biji dengan bantuan angin disebut *anemokori*. Ciri tumbuhan yang penyebarannya dengan cara ini adalah bijinya kecil, ringan, dan bersayap. Contohnya adalah biji bunga *Dandelion*.

Sumber : Dok. Kemdikbud

Gambar 2.23 Bunga *Dandelion*

Biji yang ringan dan kecil tidak terlalu dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi. Keberadaan sayap pada biji membantu biji mudah terbawa angin. Arah gerak biji mengikuti arah gerak angin. Perhatikan Gambar 2.23!

b) *Hidrokori*

Proses penyebaran biji dengan bantuan air disebut *hidrokori*. Ciri tumbuhan yang penyebarannya dengan cara ini adalah hidupnya di dekat daerah perairan, misalnya di pantai ataupun tumbuhan yang hidup di air, contohnya adalah pohon kelapa dan bakau.

Biji kelapa tergolong biji tumbuhan yang berukuran besar, dapat mencapai ukuran diameter 15 cm. Biji kelapa diselubungi oleh buah yang terdiri atas tempurung kelapa, sabut kelapa, dan kulit kelapa. Meskipun berukuran besar, buah dan biji kelapa dapat mengapung di air dan dapat mengalir mengikuti arus air. Kelapa dapat mengapung di air karena sabut buah kelapa memiliki banyak rongga udara. Pada saat berada di air, sabut kelapa memiliki prinsip kerja seperti pelampung, sehingga kelapa dapat terapung. Perhatikan Gambar 2.24!

Sumber: www.gettyimages.com

Gambar 2.24 Tunas Kelapa

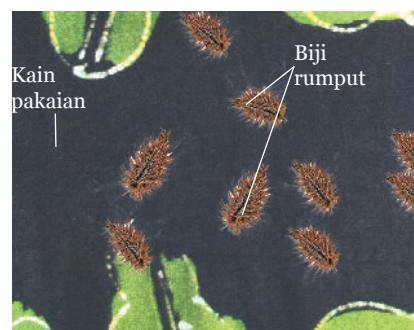
c) *Zookori*

Proses penyebaran biji dengan bantuan hewan disebut dengan zookori. Penyebaran ini dibagi menjadi empat, yaitu *entomokori, kiropterokori, ornitokori*, dan *mammokori*.

(1) *Entomokori* adalah penyebaran biji dengan perantara serangga. Contohnya adalah wijen dan tembakau.

(2) *Kiropterokori* adalah penyebaran biji dengan perantara kelelawar. Contohnya adalah jambu biji dan pepaya.

(3) *Ornitokori* adalah penyebaran biji dengan perantara burung. Perhatikan Gambar 2.25! Tumbuhan yang penyebarannya dengan cara ini adalah tumbuhan yang buahnya menjadi makanan burung, tetapi bijinya tidak dapat tercerna. Biji tersebut akan keluar dari tubuh burung bersamaan dengan kotoran burung. Contohnya pada tumbuhan beringin dan benalu.

Sumber: www.gettyimages.com

Gambar 2.25 Burung Memakan Biji

(4) *Mammokori* adalah penyebaran biji dengan perantara mamalia. Contohnya adalah hewan luwak yang membantu dalam proses penyebaran biji kopi.

d) *Antropokori*

Penyebaran biji dengan bantuan manusia disebut *antropokori*. Proses penyebaran dengan cara ini dapat terjadi secara sengaja ataupun tidak sengaja. Penyebaran biji yang secara tidak sengaja dilakukan oleh manusia apabila biji tumbuhan tersebut memiliki struktur yang mudah melekat pada pakaian. Sebagai contohnya adalah rumput. Perhatikan Gambar 2.26! Penyebaran biji dengan sengaja sering dilakukan manusia terutama pada bidang pertanian, yaitu ketika menanam padi, jagung, dan tanaman lain.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.26 Biji yang Menempel pada Pakaian

4) Perkecambahan

Pernahkah kamu mengamati biji jagung dan biji kedelai yang dijual atau disimpan? Mengapa biji tersebut tidak tumbuh menjadi tumbuhan baru dan tetap menjadi biji? Biji yang masih belum tumbuh merupakan biji yang berada pada keadaan dormansi biji.

Dormansi adalah peristiwa pada saat biji mengalami masa istirahat. Berakhirnya masa dormansi biji adalah ketika biji mulai tumbuh menjadi tumbuhan baru yang disebut dengan tahapan **perkecambahan**. Lamanya masa dormansi biji setiap jenis tumbuhan berbeda-beda. Masa dormansi biji dapat diakhiri dengan memberi perlakuan yang berbeda-beda. Namun perkecambahan berbagai macam biji dipengaruhi oleh faktor yang hampir sama. Untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi perkecambahan ayo selesaikan aktivitas berikut.

Ayo, Kita Pikirkan!

Perhatikan gambar pada Tabel 2.6! Coba tentukan faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan biji! Jangan lupa carilah info tambahan dari berbagai sumber lain!

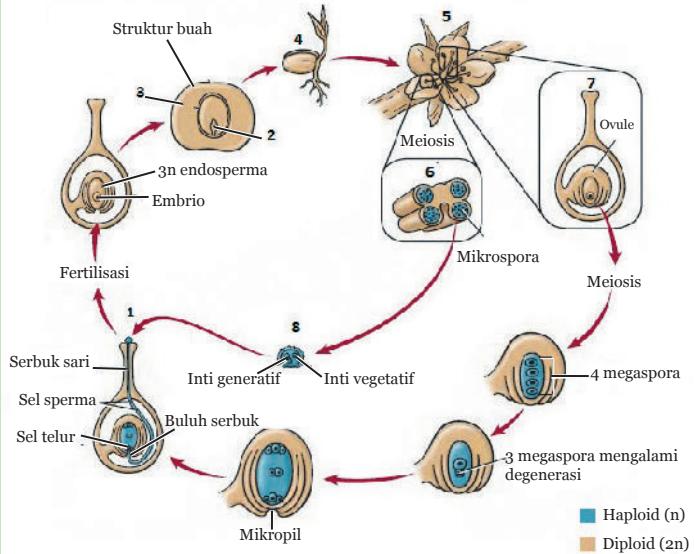
Tabel 2.6 Perkecambahan pada Tumbuhan

No	Gambar			Keterangan
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke 6	
1	Biji yang dibiarkan di wadah			
2	Biji yang direndam air			

No	Gambar			Keterangan
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke 6	
3	Biji yang diletakkan di atas kapas basah			

Jawablah Pertanyaan berikut!

1. Pada keadaan yang bagaimanakah biji dapat tumbuh baik?
2. Apa yang menyebabkan biji direndam dalam air tidak tumbuh?
3. Faktor apa saja yang diperlukan dalam perkecambahan?
4. Kesimpulan apa yang dapat disusun berdasarkan hasil diskusi yang telah kamu lakukan ?

c. Perkembangan Hidup Tumbuhan *Angiospermae*

Tahukah kamu bahwa makhluk hidup mengalami suatu perkembangan? Tumbuhan mengalami perkembangan hidup yang dimulai ketika inti sel kelamin jantan dan betinanya bersatu membentuk zigot, selanjutnya tumbuh dan berkembang menjadi tumbuhan dewasa. Agar kamu lebih paham tentang materi ini, cobalah kerjakan aktivitas berikut!

Ayo, Kita Selesaikan

Perkembangbiakan tumbuhan secara generatif menghasilkan biji. Biji dapat ditanam dan tumbuh menjadi tumbuhan baru. Coba tuliskan struktur ataupun tahapan yang terjadi pada perkembangan hidup tumbuhan yang terdapat pada Gambar 2.27!

Sumber: Biggs *et al.* 2008

Gambar 2.27 Perkembangan Hidup Tumbuhan *Angiospermae*

Perkembangan hidup yang telah kamu temukan pada Aktivitas ”Ayo, Kita Selesaikan” tersebut adalah perkembangan hidup tumbuhan berbiji tertutup atau *Angiospermae*. Perkembangan hidup tumbuhan *Angiospermae* dimulai ketika terjadi penyerbukan yaitu jatuhnya serbuk sari ke kepala putik. Setelah serbuk sari melekat pada kepala putik (stigma) yang sesuai (berasal dari tumbuhan yang sejenis), serbuk sari akan menyerap air dan berkecambah membentuk buluh serbuk sari. Buluh serbuk sari tumbuh dan bergerak menuju bakal buah melalui tangkai putik.

Inti sel generatif di dalam buluh serbuk sari akan membelah menjadi dua. Dua inti sel generatif akan berkembang menjadi dua inti sel sperma. Satu inti sel vegetatif berperan menjadi penuntun gerak tumbuh buluh serbuk sari menuju bakal biji. Satu inti sel sperma membuahi inti sel telur (ovum) membentuk zigot (calon individu baru), dan satu inti sel sperma yang lain membuahi inti kandung lembaga sekunder membentuk endosperma atau cadangan makanan. Setelah terjadi pembuahan, bakal biji akan berkembang menjadi biji dan bakal buah berkembang menjadi buah sehingga menyelubungi biji. Biji nantinya akan menyebar dan apabila jatuh pada tempat yang sesuai akan berkecambah dan tumbuh menjadi tumbuhan baru.

Tumbuhan baru akan tumbuh dan berkembang menghasilkan bunga dan mengalami penyerbukan hingga berulang perkembangan yang serupa.

2. Perkembangbiakan Tumbuhan Gymnospermae

Pernahkah kamu makan emping melinjo? Bahan baku emping melinjo adalah biji tanaman melinjo. Tumbuhan melinjo memiliki biji yang tidak tertutup kulit buah. Tumbuhan yang bijinya tidak tertutup kulit buah atau berbiji terbuka disebut tumbuhan *Gymnospermae*. Pohon pinus, pohon ginkgo, dan pakis haji juga tergolong *Gymnospermae*. Perhatikan Gambar 2.28! Apakah bunga pada tumbuhan *Gymnospermae* sama dengan bunga pada tumbuhan *Angiospermae*?

Menurutmu bagaimana cara perkembangbiakan tanaman tersebut? Apakah tumbuhan *Gymnospermae* memiliki cara perkembangbiakan yang sama dengan tumbuhan *Angiospermae*?

(a)

(b)

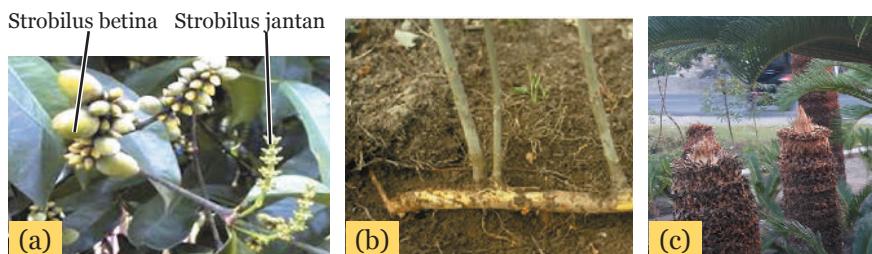
(c)

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.28 (a) Hutan Pinus, (b) Pakis Haji, dan (c) Biji Tanaman Melinjo

Tumbuhan *Gymnospermae* tidak memiliki bunga seperti halnya tumbuhan *Angiospermae*. Namun, tumbuhan *Gymnospermae* memiliki alat perkembangbiakan generatif yang disebut **strobilus** atau runjung. Pada tumbuhan pinus dan melinjo terdapat dua jenis strobilus dalam satu pohon yaitu **strobilus jantan** dan **strobilus betina** (Gambar 2.29a). Pada tumbuhan pakis haji strobilus jantan dan betina terpisah atau tidak berada dalam satu pohon.

Strobilus jantan terdapat mikrosporangia (ruang-ruang spora). Di dalam sporangia sel-sel akan mengalami pembelahan meiosis dan menghasilkan mikrospora (spora jantan). Mikrospora akan berkembang membentuk serbuk sari. Serbuk sari pada tumbuhan pinus me-

miliki sayap. Strobilus betina tersusun dari banyak megasporofil (daun penghasil megaspora). Tiap megasporofil mengandung dua bakal biji. Tiap bakal biji mengandung megasporangium (kotak spora). Sel dalam megasporangium akan mengalami pembelahan meiosis dan menghasilkan megaspora (spora betina). Inti megaspora akan mengalami mitosis membentuk sel telur.

Penyerbukan pada *Gymnospermae* terjadi jika serbuk sari menempel pada lubang bakal biji. Serbuk sari akan tertangkap oleh cairan yang terdapat di lubang bakal biji. Jika cairan menguap maka serbuk sari akan dapat masuk ke bakal biji dan terjadilah pembuahan.

Ayo, Kita Pikirkan!

Setelah kamu mempelajari tentang materi penyerbukan dan penyebaran biji pada tumbuhan *Angiospermae* dan juga tentang materi struktur serbuk sari dan biji pada tumbuhan *Gymnospermae*, coba jelaskan apa fungsi sayap yang ada di serbuk sari dan biji tumbuhan *Gymnospermae*?

Apakah tumbuhan *Gymnospermae* dapat berkembang biak secara vegetatif? Tumbuhan *Gymnospermae* yang dapat berkembang biak secara vegetatif misalnya tumbuhan pakis haji dan pinus. Tumbuhan pinus dapat berkembang biak dengan menggunakan tunas akar (Gambar 2.29b). Tumbuhan pakis haji dapat berkembang biak dengan menggunakan tunas yang disebut **bulbil** (Gambar 2.29c).

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.29 (a) Strobilus Jantan dan Betina pada Melinjo, (b) Tunas Akar pada Pinus, (c) Bulbil pada Pakis Haji

3. Perkembangbiakan Tumbuhan Paku

Pernahkah kamu melihat tumbuhan paku? Coba perhatikan Gambar 2.30 berikut!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.30 (a) Tumbuhan Paku Ekor Kuda, (b) Tumbuhan *Pteris*

Pernahkah kamu menjumpai tumbuhan tersebut berbunga? Berupa apakah organ perkembangbiakan tumbuhan tersebut? Tumbuhan tersebut merupakan kelompok tumbuhan paku. Semua tumbuhan paku tidak menghasilkan bunga. Lalu bagaimana tumbuhan paku berkembang biak? Untuk mengetahui jawaban atas pertanyaan tersebut ayo lakukan Aktivitas 2.4!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 2.4 Mengamati Struktur Tumbuhan Paku

Apa yang akan kamu lakukan?

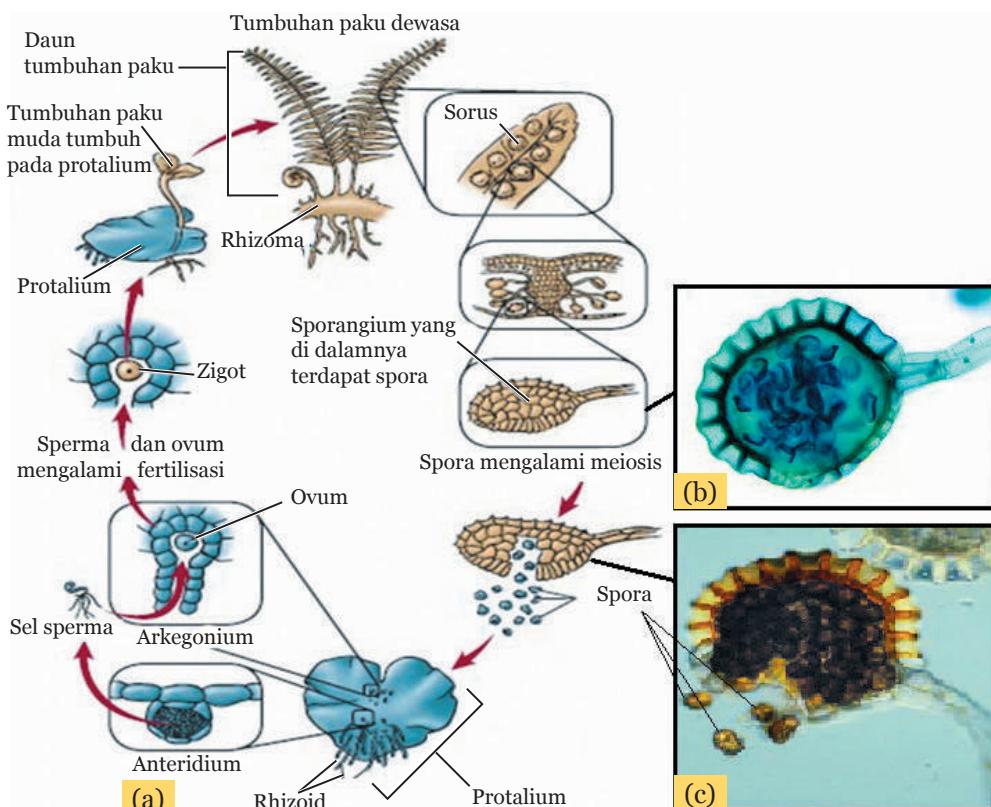
Kamu akan mengamati struktur daun pada tumbuhan paku

Apa yang kamu perlukan?

1. Alat tulis
2. Kertas
3. Lup (kaca pembesar)
4. Tumbuhan paku seperti *Pteris*, *Asplenium* (paku sarang burung), *Adiantum* (suplir), atau tumbuhan paku lain yang ada di sekitarmu.

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Ambillah daun tumbuhan paku yang tua dan daun tumbuhan paku yang muda di lingkungan sekitarmu!
2. Coba amati bagaimana bentuk daun tumbuhan paku yang masih muda!
3. Gambarkan hasil pengamatanmu pada Tabel 2.7 dan cobalah deskripsikan bagaimana bentuknya!
4. Amati dengan teliti permukaan atas dan bawah dari daun paku. Apakah terdapat perbedaan?
5. Gambarkan permukaan atas dan bawah daun pada Tabel 2.7 dan berilah penjelasan struktur apa saja yang kamu temukan dari daun paku!

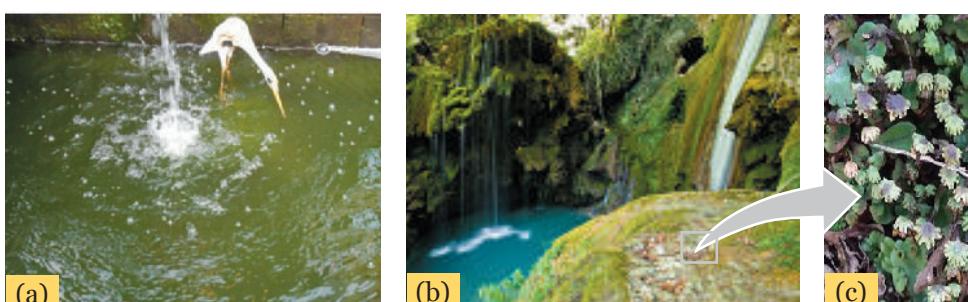
Tabel 2.7 Hasil Pengamatan Struktur Daun Tumbuhan Paku

No	Bagian Tumbuhan Paku	Gambar	Deskripsi
1	Tumbuhan paku		
2	Permukaan atas daun paku		
3	Permukaan bawah daun paku		

Apakah kamu dapat mengidentifikasi semua bagian tumbuhan paku? Bagian apa saja yang berhasil kamu temukan? Tahukah kamu apa fungsi dari bagian tubuh tanaman paku yang kamu temukan? Tumbuhan pakis dan juga tumbuhan paku lain tidak berkembang biak dengan menggunakan bunga, tetapi menggunakan spora. Namun demikian, tumbuhan paku juga tetap dapat menghasilkan sel kelamin dalam perkembangbiakannya. Dengan demikian, tumbuhan paku dapat mengalami perkembangbiakan secara vegetatif maupun generatif. Kapankah perkembangbiakan generatif terjadi dan kapankah perkembangbiakan vegetatif terjadi? Tumbuhan paku yang dapat kita

amati berada dalam tahap yang dapat menghasilkan spora. Coba kamu ingat Aktivitas 2.4!

Di manakah kamu dapat menemukan kotak spora pada tanaman paku? Jika kadar air pada kotak spora berkurang, kotak spora akan pecah dan mengeluarkan spora yang ada di dalamnya. Spora akan tersebar dan akan tumbuh menjadi protalium jika lingkungannya sesuai untuk tumbuh. Protalium akan berkembang dan menghasilkan anteridium dan arkegonium. Anteridium akan menghasilkan sperma berflagel (berekor) dan arkegonium menghasilkan sel telur. Perhatikan Gambar 2.31!

Sumber: (a) Biggs *et al.* 2008., (b) biology.clc.uc.edu., (c) biology.clc.uc.edu

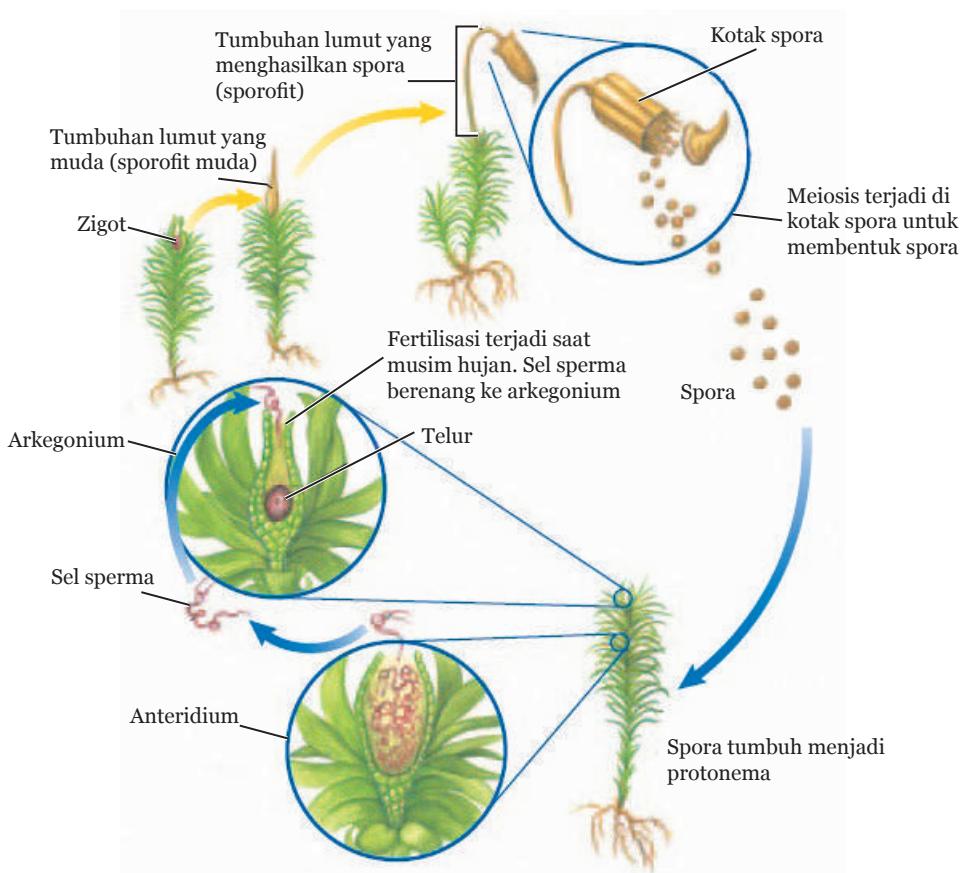
Gambar 2.31 (a) Perkembangan Hidup Tumbuhan Paku, (b) Sporangium, dan (c) Spora

Fertilisasi terjadi jika sperma yang dihasilkan oleh anteridium sampai pada sel telur yang dihasilkan oleh arkegonium sehingga akan dihasilkan zigot. Meskipun memiliki flagela, sperma tumbuhan paku memerlukan air untuk pergerakannya. Zigot yang tumbuh dan berkembang menjadi tumbuhan paku yang baru.

Perkembangbiakan vegetatif pada tumbuhan paku dilakukan dengan rhizoma. Rhizoma dapat tumbuh ke segala arah dan membentuk koloni tumbuhan paku yang baru. Rhizoma adalah batang yang tumbuh di dalam tanah. Cobalah mengingat lagi tanaman apa saja yang berkembang biak dengan menggunakan rhizoma!

4. Perkembangbiakan Tumbuhan Lumut

Istilah lumut tentu sudah tidak asing lagi bagimu. Coba tebaklah, pada Gambar 2.32 manakah yang termasuk lumut?

Sumber: (a) Dok. Kemdikbud (b) www.gettyimages.com (c) Dok. Kemdikbud

Gambar 2.32 Kolam Air dan Organisme yang Hidup di Dalam dan Sekitarnya

Gambar 2.32 (a) menunjukkan kolam yang airnya berwarna hijau. Tahukah kamu apa yang menyebabkan kolam tersebut hijau? Kolam tersebut hijau bukanlah karena lumut, tetapi karena ganggang atau alga yang hidup di air.

Batu pada tepian kolam biasanya ditumbuhi tanaman hijau yang seolah-olah membentuk karpet. Tumbuhan hijau yang ada di atas batuan tersebut adalah lumut seperti terlihat pada Gambar 2.32 (b) dan Gambar 2.32 (c) merupakan tumbuhan lumut yang telah diperbesar. Lumut merupakan tumbuhan yang hidup di daerah yang lembap. Tumbuhan lumut dapat berkembang biak secara generatif dengan menghasilkan sel kelamin dan secara vegetatif dengan menggunakan spora. Agar dapat mengetahui lebih lanjut tentang perkembangbiakan tumbuhan lumut secara generatif dan vegetatif, coba perhatikan Gambar 2.33!

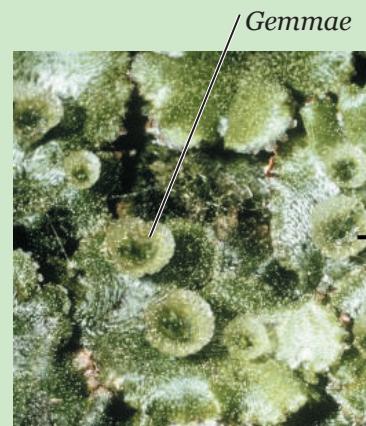
Tumbuhan lumut yang kita jumpai, pada umumnya berada pada tahap yang dapat menghasilkan sel kelamin. Pada satu individu lumut memiliki anteridium yang dapat menghasilkan sel sperma dan arkegonium yang dapat menghasilkan ovum. Fertilisasi terjadi

jika sel sperma sampai pada ovum yang terdapat pada arkegonium dengan bantuan air. Zigot akan tumbuh dan menjadi tumbuhan lumut yang dapat menghasilkan spora. Apabila spora yang dihasilkan jatuh pada tempat yang sesuai untuk tumbuh dan berkembang, maka akan tumbuh menjadi protonema. Selanjutnya protonema tumbuh menjadi tumbuhan lumut yang dapat menghasilkan sel kelamin.

Sumber: Biggs *et al.* 2008.
Gambar 2.33 Perkembangan Hidup Lumut

Lumut juga dapat mengalami perkembangbiakan vegetatif melalui kuncup atau **gemmae** dan melakukan **fragmentasi**. Fragmentasi terjadi ketika tumbuhan lumut melepaskan sebagian tubuhnya untuk menjadi individu baru.

Tahukah Kamu?

Lumut merupakan kelompok tumbuhan yang masih sederhana, lumut belum memiliki akar, batang, dan daun yang sejati. Secara umum lumut dikelompokkan menjadi tiga, yaitu lumut hati, lumut tanduk, dan lumut daun.

Sumber: (a), (b), dan (c) Dok. Kemdikbud

Gambar 2.34 (a) Lumut Hati, (b) Lumut Tanduk, (c) Lumut Daun

Meskipun tumbuhan lumut memerlukan kondisi yang lembap untuk tumbuh dan berkembang biak, banyak jenis lumut yang dapat bertahan dalam kondisi yang kering dalam kurun waktu yang cukup lama. Mereka dapat tumbuh pada tanah yang tipis dan pada tanah dimana tumbuhan lain tidak dapat tumbuh. Spora dari lumut akan dibawa oleh angin. Spora akan tumbuh menjadi tumbuhan baru jika ada air dan beberapa komponen pendukung lain. Sering kali lumut merupakan tumbuhan yang pertama kali tumbuh pada lingkungan yang sudah rusak misalnya akibat aliran lava atau akibat kebakaran hutan. Oleh karena itu, lumut juga disebut organisme pionir atau tumbuhan perintis.

Sebagai tumbuhan ***pionir***, lumut akan tumbuh dan mati membentuk nutrisi tanah. Proses ini bersamaan dengan pelapukan bebatuan akibat panas dan angin (pelapukan fisika), serta zat kimia lain seperti zat asam atau oksigen (pelapukan kimia) yang akhirnya membentuk tanah, sehingga pada akhirnya tumbuhan lain dapat tumbuh pada daerah tersebut.

Sumber: www.gettyimages.com

Gambar 2.35 Struktur *Gemmae* pada Lumut Hati

Tahukah kamu bahwa beberapa lumut juga dapat membantu menyimpan nitrogen dalam tanah dan menyimpan air. Beberapa juga dapat digunakan sebagai obat hepatitis, seperti kelompok lumut hati *Marchantia polymorpha*. Beberapa kelompok dari lumut daun seperti *Sphagnum* yang sudah lapuk dapat digunakan sebagai bahan bakar seperti batu bara.

5. Teknologi Perkembangbiakan pada Tumbuhan

a. Hidroponik

Hidroponik merupakan cara penanaman tumbuhan dengan menggunakan larutan nutrisi dan mineral dalam air dan tanpa menggunakan tanah. Tanaman darat khususnya sayuran seperti paprika, tomat, timun, terong, dan selada dapat ditanam secara langsung dalam wadah yang berisi nutrisi atau dengan ditambah medium yang tak larut dalam air, misalnya kerikil, arang, sekam, spons, serbuk kayu, dan lain sebagainya. Ilmuwan menemukan bahwa tumbuhan menyerap nutrisi yang penting dalam bentuk ion-ion yang terlarut dalam air.

Sumber: www.freedigitalphotos.net

Gambar 2.36 Tanaman yang Ditanam dengan Teknik Hidroponik

b. Vertikultur

Vertikultur merupakan metode budidaya tanaman dengan cara membuat instalasi secara bertingkat (vertikal) dengan tujuan untuk meningkatkan jumlah tanaman. Teknik budidaya ini merupakan konsep penghijauan yang cocok untuk daerah perkotaan dan lahan terbatas.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.37 Vertikultur

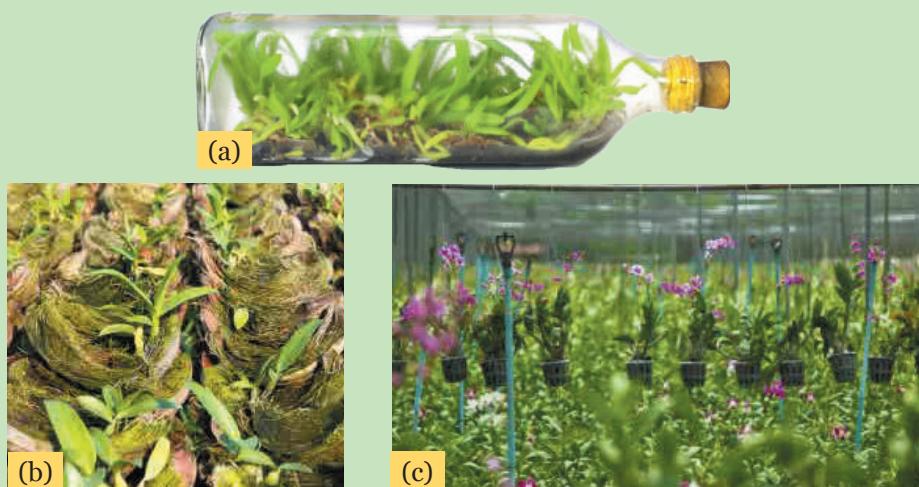
c. Kultur Jaringan Tumbuhan

Kultur jaringan adalah suatu metode perbanyakan tumbuhan dengan cara mengambil suatu bagian dari tanaman, seperti sel atau sekelompok sel, jaringan, atau organ. Bagian tanaman yang telah diambil selanjutnya ditumbuhkan dalam kondisi steril pada medium yang mengandung nutrisi dan zat pengatur tumbuh (hormon). Bagian tanaman akan dapat memperbanyak diri dan berkembang menjadi tanaman yang memiliki organ lengkap yaitu akar, batang, dan daun.

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 2.38 Kultur Jaringan Tumbuhan

Banyak jenis tumbuhan dapat dikembangbiakkan menggunakan metode ini. Namun, tiap-tiap tumbuhan memerlukan perlakuan khusus agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Ayo, Kita Cari Tahu

Kamu telah mengetahui teknologi perkembangbiakan pada tumbuhan. Apa manfaat teknologi perkembangbiakan pada tumbuhan seperti vertikultur, hidroponik, dan kultur jaringan tumbuhan bagi manusia? Ayo cari tahu di buku yang terdapat pada perpustakaan ataupun di internet! Kamu dapat juga bertanya pada teman atau orang tuamu!

Tahukah Kamu?

Ukuran biji anggrek sangat kecil, hampir menyerupai tepung. Kecilnya ukuran ini menyebabkan jumlah cadangan makanan dalam biji juga sangat sedikit, sehingga sangat sulit bagi biji anggrek untuk tumbuh. Biji anggrek dapat tumbuh jika kondisi lingkungan cukup lembap dan dibantu oleh jenis jamur tertentu yang dikenal dengan **mikoriza**. Rendahnya daya tumbuh biji anggrek inilah

yang menyebabkan anggrek cukup langka. Para peneliti dan petani anggrek telah mengembangkan teknik perkembangbiakan anggrek dengan menggunakan kultur jaringan untuk mengatasi permasalahan perkembangbiakan pada anggrek. Tunas atau biji anggrek yang telah diambil kemudian ditanam pada medium agar-agar yang berisi nutrisi dan zat pengatur tumbuh. Biji anggrek dapat tumbuh lebih cepat dan lebih banyak melalui cara tersebut. Setelah proses penanaman, biji anggrek akan mengalami tahap pengakaran atau tumbuhnya akar. Tumbuhnya akar menandai bahwa proses kultur jaringan yang dilakukan mulai berjalan dengan baik. Selanjutnya, dilakukan pemisahan biji yang telah mengalami pengakaran atau yang disebut **plantlet**.

Plantlet akan tumbuh menjadi tanaman anggrek dengan struktur organ yang lengkap, yaitu akar, batang, dan daun. Jika telah memiliki struktur demikian, tanaman anggrek dapat dikeluarkan dari botol kultur dan ditanam pada media dalam pot. Perhatikan Gambar 2.39!

Sumber: www.freedigitalphotos.net

Gambar 2.39 (a) Biji Anggrek yang Telah Tumbuh dan Ditanam dalam Botol Kultur, (b) Proses Aklimatisasi Anggrek (c) Anggrek di Perkebunan Budi Daya Anggrek

Tanaman anggrek terlebih dahulu harus ditempatkan pada ruangan atau disebut dengan proses **aklimatisasi**, yang bertujuan agar tanaman anggrek yang baru dapat mengenali kondisi di luar botol kultur. Jika akar tanaman anggrek telah tumbuh kuat, maka tanaman anggrek siap dipindahkan ke media tanam yang baru dan dapat ditanam di luar ruangan.

B. Perkembangbiakan pada Hewan

Ayo, Kita Pelajari

- Perkembangbiakan aseksual, seksual, dan perkembangan hidup hewan
- Teknologi perkembangbiakan hewan

Istilah Penting

- Tunas
- Fragmentasi
- Partenogenesis
- Vivipar
- Ovipar
- Ovovivipar
- Metamorfosis
- Regenerasi

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini dapat membantu kamu memahami cara berbagai hewan berkembang biak, sehingga dapat menjadi landasan bagi kamu dalam rangka membudidayakan dan melestarikan hewan.

Indonesia merupakan negara maritim, yaitu negara yang memiliki wilayah laut yang luas. Tahukah kamu, Indonesia memiliki luas perairan sebesar 3.257.483 km^2? Wilayah laut Indonesia menghasilkan berbagai jenis kekayaan termasuk di dalamnya berbagai jenis ikan, terumbu karang, mutiara, kepiting, dan masih banyak yang lainnya.

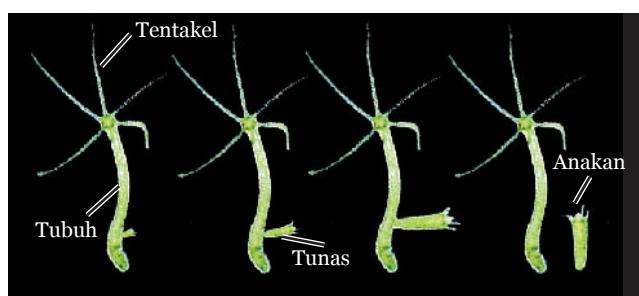
Kita wajib bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya pada Bangsa Indonesia berupa kekayaan laut yang sangat melimpah. Banyak masyarakat Indonesia terutama yang tinggal di daerah pesisir menggantungkan hidupnya dari hasil laut, misalnya nelayan ikan. Setiap hari mereka pergi ke laut untuk mencari dan menangkap ikan. Ribuan ikan ditangkap setiap harinya. Pernahkah terpikir olehmu, mungkinkah ikan yang setiap hari ditangkap oleh nelayan akan habis? Bagaimana ikan dapat menjaga kelestarian jenisnya?

(a)

(b)

Sumber: (a) www.freedigitalphotos.net (b) Dok. Kemdikbud

Gambar 2.40 (a) Ikan Hasil Tangkapan Dipilah Berdasarkan Ukuran, (b) Sebagian Hasil Panen Ikan Dikeringkan

Banyak hewan yang jumlahnya semakin berkurang seperti penyu, orang utan, badak, harimau, gajah, burung elang, dan burung cenderawasih. Tentu kita berharap agar hewan-hewan tersebut tetap lestari bukan?

Pada bagian sebelumnya kamu telah belajar tentang beberapa cara perkembangbiakan pada tumbuhan. Pada bagian ini kamu akan mempelajari cara hewan melakukan perkembangbiakan sehingga keberadaannya di bumi tetap lestari. Secara umum, perkembangbiakan hewan dibagi menjadi dua cara, yaitu vegetatif (aseksual) dan generatif (seksual). Masih ingatkah kamu apakah yang dimaksud dengan perkembangbiakan aseksual dan seksual?

1. Perkembangbiakan Aseksual pada Hewan

Beberapa hewan dapat melakukan perkembangbiakan aseksual seperti halnya tumbuhan. Apakah hewan juga menggunakan bagian tubuhnya untuk berkembang biak? Bagian tubuh manakah yang digunakan untuk berkembang biak? Bagaimanakah sifat keturunan yang dihasilkan dari perkembangbiakan aseksual pada hewan? Agar kamu dapat mengetahui jawabannya, ayo pelajari dengan semangat materi ini!

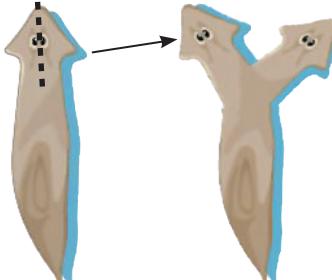
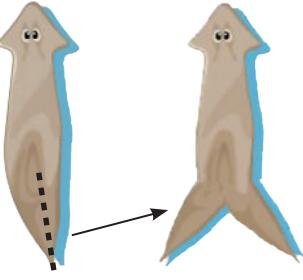
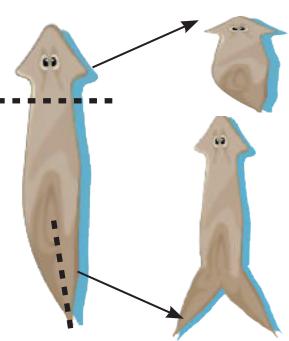
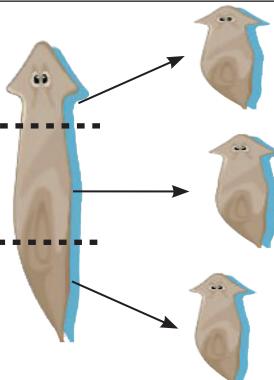
a. Membentuk Tunas

Terdapat hewan yang mampu berkembang biak aseksual dengan cara membentuk tunas untuk menghasilkan keturunan. Contoh hewan yang melakukan perkembangbiakan dengan cara ini antara lain hewan dari Filum *Porifera* dan *Coelenterata*. Contoh hewan dari Filum Coelenterata adalah ubur-ubur dan *Hydra* sp. Hewan dari Filum Coelenterata yang dapat membentuk tunas, misalnya *Hydra* sp. dan ubur-ubur dari jenis *Obelia* sp. dan *Aurelia* sp.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.41 Pertunasan *Hydra* sp.

b. Fragmentasi

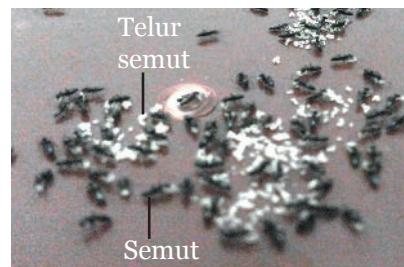
Planaria merupakan salah satu contoh hewan yang melakukan fragmentasi. Perkembangbiakan dengan cara ini terjadi melalui dua tahap. Tahap pertama adalah fragmentasi, yaitu pematahan atau pemotongan tubuh induk menjadi dua bagian atau lebih. Selanjutnya, terjadi tahap regenerasi, yaitu setiap potongan tubuh induk tersebut membentuk bagian tubuh lain yang tidak ada pada bagian tersebut. Pada akhirnya, setiap potongan tubuh tersebut akan membentuk individu baru dengan bagian tubuh yang lengkap seperti induknya. Ayo lakukan aktivitas berikut agar kamu mengetahui bagian tubuh mana yang akan tumbuh jika tubuh *Planaria* dipotong!

Ayo, Kita Diskusikan

Perhatikan gambar pada kolom dan jawablah pertanyaan yang diberikan!

Tabel 2.8 Fragmentasi dan Regenerasi Planaria

No	Gambar	Pertanyaan
1		Apa yang akan terjadi bila *Planaria* dipotong pada bagian tengah tubuh (melintang)? Jawab: ....
2	a b a b	Apa yang akan terjadi jika *Planaria* dipotong pada bagian tengah tubuh secara membujur? Jawab: ....

No	Gambar	Pertanyaan
3		Apa yang akan terjadi pada bagian tubuh jika bagian kepala saja yang dibelah? Jawab: ....
4		Apa yang akan terjadi jika *Planaria* dipotong pada bagian ekor secara membujur? Jawab: ....
5		Apa yang akan terjadi jika *Planaria* dipotong pada bagian tubuh di dekat ”kepala” dan dibelah pada bagian ekor? Jawab: ....
6		Apa yang akan terjadi bila *Planaria* dipotong menjadi tiga bagian, yaitu bagian ”kepala”, bagian tengah, dan ekor? Jawab: ....

No	Gambar	Pertanyaan
7		Apa yang akan terjadi jika *Planaria* dipotong pada bagian tubuh dekat ”kepala” dengan bentuk T? Jawab: ....

Buatlah kesimpulan dari kegiatan diskusi tentang fragmentasi dan regenerasi *Planaria* yang telah kamu lakukan!

c. Partenogenesis

Partenogenesis secara alami dapat terjadi pada hewan lebah, semut, tawon, kutu daun, dan kutu air. Pada lebah, ovum yang dibuahi akan tumbuh dan berkembang menjadi lebah betina, sedangkan yang tidak dibuahi akan tumbuh menjadi lebah jantan.

Lebah betina bersifat steril dan memiliki tugas sebagai pekerja dalam koloni lebah. Lebah jantan bersifat fertil. Lebah jantan mampu menghasilkan sel kelamin yang digunakan untuk membuahi sel telur yang dihasilkan oleh lebah ratu. Lebah ratu adalah lebah yang menghasilkan telur-telur yang menjadi lebah betina dan lebah jantan.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.42 Semut dan Telurnya

Selain lebah, kutu daun, dan kutu air juga dapat berkembang biak dengan cara partenogenesis. Kutu daun betina dan kutu air betina dapat terus menerus bertelur. Telur yang dihasilkan akan berkembang dan menetas menjadi kutu betina tanpa didahului proses fertilisasi. Meski demikian fertilisasi tetap diperlukan untuk menghasilkan individu baru setelah beberapa generasi kutu mengalami partenogenesis. Berdasarkan contoh dan uraian yang telah disebutkan, sudah tahukah kamu apa itu partenogenesis?

2. Perkembangbiakan Seksual pada Hewan

Sebagian besar hewan berkembang biak secara seksual. Perkembangbiakan seksual terjadi melalui proses perkawinan antara hewan jantan dan hewan betina. Melalui proses ini akan terjadi proses fertilisasi, yaitu proses peleburan inti sel sperma dan inti sel telur. Proses fertilisasi ini akan menghasilkan zigot. Selanjutnya, zigot akan berkembang menjadi embrio (calon anak) dan pada tahap selanjutnya embrio akan berkembang menjadi individu baru.

Tahukah kamu bahwa proses fertilisasi dapat terjadi melalui dua cara, yaitu fertilisasi internal dan fertilisasi eksternal? **Fertilisasi internal** terjadi apabila proses peleburan antara inti sel telur dan inti sel sperma terjadi di dalam tubuh induk betina. Contoh hewan yang melakukan fertilisasi secara internal antara lain: sapi, ayam, kura-kura, dan buaya. **Fertilisasi eksternal** terjadi apabila proses peleburan antara sel telur dan sel sperma terjadi di luar tubuh induk betina. Fertilisasi dengan cara ini biasanya terjadi pada hewan yang hidupnya di lingkungan perairan, misalnya ikan.

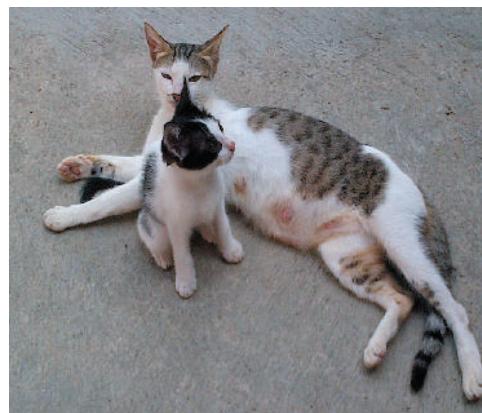
Agar lebih mengetahui cara perkembangbiakan hewan di sekitarmu, cobalah lakukan aktivitas berikut!

Ayo, Kita Selesaikan

Tentukan bagaimana cara hewan pada Tabel 2.9 berkembang biak dan tuliskan jawabanmu pada kolom yang telah disediakan!

Tabel 2.9 Hewan di Indonesia

No	Nama Hewan	No	Nama Hewan	No	Nama Hewan
1	Anoa	6	Cicak	11	Kerbau
2	Babi	7	Harimau	12	Kuda
3	Badak	8	Elang	13	Paus
4	Bintang laut	9	Kadal	14	Kupu-kupu
5	Cenderawasih	10	Kecoak	15	Ular

Melahirkan	Bertelur	Bertelur & Melahirkan
Babi	Cicak	Kadal
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....

Buatlah kesimpulan berdasarkan permasalahan yang telah kamu selesaikan!

Berdasarkan cara perkembangan dan kelahiran embrionya, hewan yang berkembang biak secara seksual dibagi menjadi tiga jenis, yaitu hewan vivipar, ovipar, dan ovovivipar.

a. Hewan Vivipar

Tahukah kamu bahwa kucing, gajah, badak, kerbau, anoa, babi, banteng, paus, dan kambing adalah beberapa hewan yang tergolong hewan vivipar? Tahukah kamu bagaimana perkembangbiakan hewan tersebut? Hewan vivipar disebut juga hewan melahirkan. Hewan ini memiliki embrio yang berkembang di dalam rahim induk betinanya dan akan dilahirkan pada saat umurnya sudah mencukupi. Embrio akan memperoleh nutrisi dari induk melalui perantara plasenta.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.43 Kucing dan Anak Kucing

Hewan yang baru dilahirkan memerlukan nutrisi. Sayangnya karena pencernaan bayi hewan belum kuat, maka diperlukan makanan yang mudah dicerna. Apa saja makanan yang mudah dicerna oleh bayi hewan? Pada hewan mamalia, induk hewan tidak perlu mencari makanan tambahan untuk anaknya. Tuhan Yang Mahakuasa

melengkapi tubuh mamalia dengan kelenjar mammae yang dapat menghasilkan susu. Susu mengandung laktosa yang dapat dicerna oleh perut bayi hewan dengan mudah untuk menghasilkan nutrisi dan energi yang diperlukan.

b. Hewan Ovipar

Contoh hewan ovipar antara lain cicak, katak, ikan mujair, ayam, burung elang, dan itik. Hewan ovipar disebut juga dengan hewan bertelur. Hewan ini embrionya berkembang di dalam telur. Telur hewan ini akan dikeluarkan dari dalam tubuh induk betina. Tahukah kamu dari manakah embrio yang ada di dalam telur mendapatkan makanan? Agar kamu mengetahuinya, simaklah penjelasan pada bagian ”Tahukah kamu”!

Hewan tertentu, misalnya penyu, ikan mujair, dan katak, menghasilkan puluhan hingga ratusan telur setiap kali bertelur. Tidak semua telur yang dihasilkan oleh ikan mujair dan katak yang telah mengalami pembuahan dapat menetas menjadi individu baru. Tidak semua telur penyu yang menetas dapat bertahan hidup sampai dewasa, karena adanya predator, ombak, dan arus laut yang mengancam kehidupan penyu yang baru saja menetas. Meskipun dapat dihasilkan puluhan bahkan ratusan individu baru dalam sekali perkembangbiakan, kita juga tetap harus menjaga kelestarian ikan, katak, dan terutama penyu agar tetap lestari.

Tahukah Kamu?

Kamu tentunya pernah melihat atau bahkan memakan telur ayam, bebek, atau telur unggas lain sebagai lauk pauk. Tahukah kamu apa sebenarnya telur itu? Telur yang kamu jumpai sehari-hari terdiri atas kuning telur (*yolk*), membran vitelin, putih telur (albumen), kalaza, embrio, ruang udara, cangkang telur, dan membran cangkang telur. Perhatikan Gambar 2.44!

Pada telur ayam kampung atau telur bebek yang sering kamu jumpai, telah terdapat embrio yang berada pada tahap awal perkembangan. Embrio dijaga agar tetap berada di bagian atas kuning telur oleh ’tali’ yang berada di bagian samping kuning telur yaitu kalaza. Kalaza berfungsi menjaga agar kuning telur tetap berada di tempatnya. Kuning telur mengandung protein, lemak, ion fosfor, zat besi, pigmen karoten, dan air. Kuning telur dan putih telur

merupakan cadangan makanan bagi embrio yang sedang tumbuh. Putih telur tersusun atas protein albumin, air, beberapa ion, dan beberapa mineral. Putih telur juga berfungsi sebagai pelindung embrio dari goncangan. Ruang udara menyediakan keperluan oksigen untuk embrio. Bagian paling luar dari telur adalah cangkang yang merupakan pelindung telur dari kerusakan baik dari goncangan maupun perlindungan dari kuman penyakit. Pada cangkang telur terdapat pori yang memungkinkan pertukaran gas-gas pernapasan.

Cangkang telur
Kalaza
Membran vitelin
Putih telur
Kuning telur
Embrio
Membran dalam
Membran luar
Rongga udara
Membran luar

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.44 Struktur Bagian Dalam Telur

Telur dapat menetas jika dierami. Ayam, itik, dan burung merpati mengerami telur di bagian bawah tubuhnya di atas sarang. Penyu memiliki cara unik untuk mengerami telurnya, yaitu dengan meletakkan telurnya di dalam tanah daerah pantai. Tahukah kamu apa fungsi pengeraman pada telur?

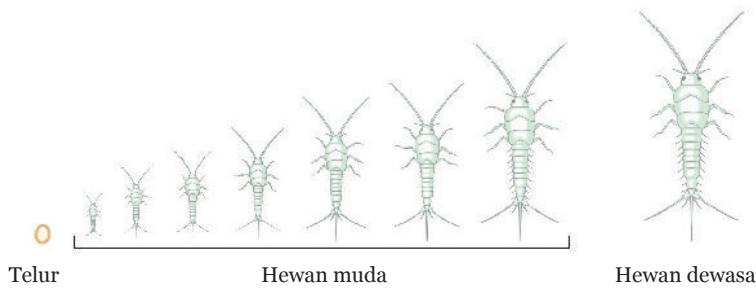
Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.45 Penetasan Telur dengan Memanfaatkan Suhu Hangat dari Lampu

Embrio pada telur dapat berkembang dengan baik jika berada pada suhu dan kelembapan tertentu. Jika suhu kurang atau lebih rendah dari yang diperlukan oleh telur maka embrio akan berhenti berkembang. Sebaliknya, jika suhu untuk pengeraman terlalu tinggi dapat mengakibatkan kematian embrio atau ketidaknormalan perkembangan embrio. Tiap telur memerlukan suhu yang berbeda untuk dapat berkembang dan menetas menjadi individu baru. Embrio telur ayam dapat berkembang dengan baik pada suhu 38,33°C–40,55°C, itik 37,78°C–39,45°C, puyuh 39,5°C, dan walet 32,22°C–35°C.

c. Ovovivipar

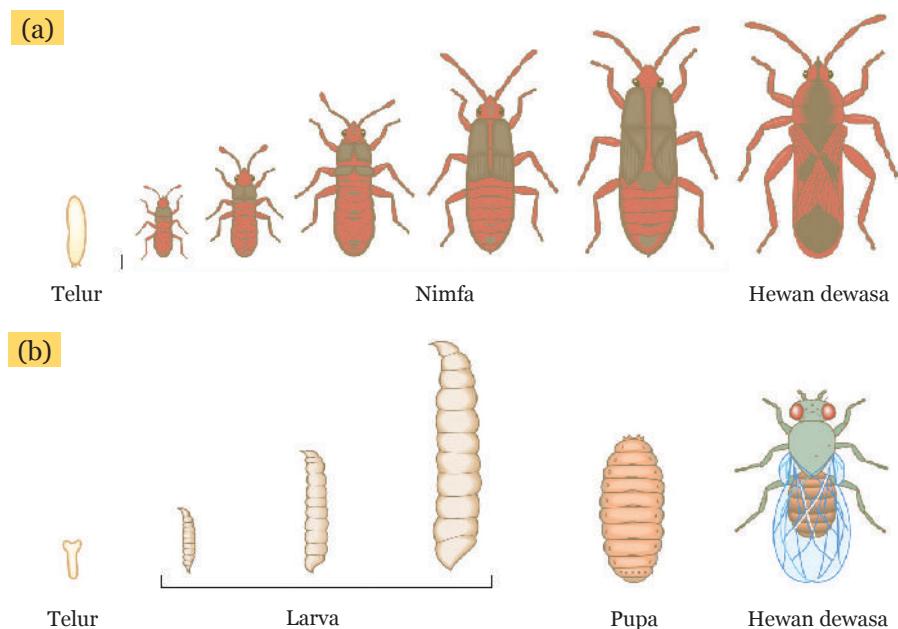
Hewan ovovivipar disebut juga hewan bertelur dan melahirkan. Embrio hewan yang tergolong ovovivipar sebenarnya berkembang di dalam telur, tetapi embrio tidak dikeluarkan dalam bentuk telur seperti pada hewan ovipar. Telur tetap berada di dalam tubuh induk betina. Setelah umur embrio cukup untuk dilahirkan, telur akan menetas di dalam tubuh induk dan kemudian anaknya dilahirkan. Contoh hewan ovovivipar antara lain kadal dan sebagian jenis ular.

Tahukah Kamu?

Sumber: Reece *et al.* 2012
Gambar 2.46 Cacing sedang Melakukan Perkawinan

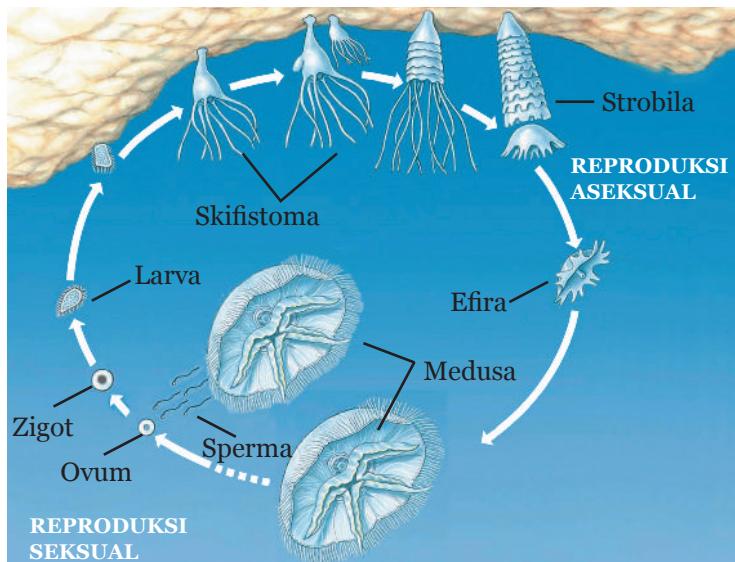
Pernahkah kamu melihat cacing yang sedang kawin? Cacing merupakan hewan **hermaprodit** artinya dalam satu tubuh cacing terdapat dua alat kelamin yaitu jantan dan betina. Meskipun memiliki dua alat kelamin sekaligus, cacing tidak dapat melakukan perkembangbiakan secara seksual sendiri. Pada perkembangbiakan seksual cacing tetap memerlukan cacing yang lain. Kira-kira mengapa ya? Coba kamu pikirkan!

3. Perkembangan Hidup Hewan

Setiap hewan memiliki tahap perkembangan hidup yang dimulai dari perkembangan embrio, proses kelahiran, perkembangan menuju kedewasaan, berkembang biak, dan mengalami kematian. Pada beberapa jenis hewan, telur akan berkembang menjadi hewan muda yang memiliki struktur dan fungsi organ mirip dengan hewan dewasa (imago). Selama berkembang menuju kedewasaan, hewan muda tidak mengalami banyak perubahan pada struktur dan fungsi organ tubuh. Selama berkembang, hewan muda hanya mengalami pertambahan ukuran sehingga menjadi lebih besar. Perkembangan hewan tersebut disebut dengan perkembangan langsung. Perhatikan Gambar 2.47!

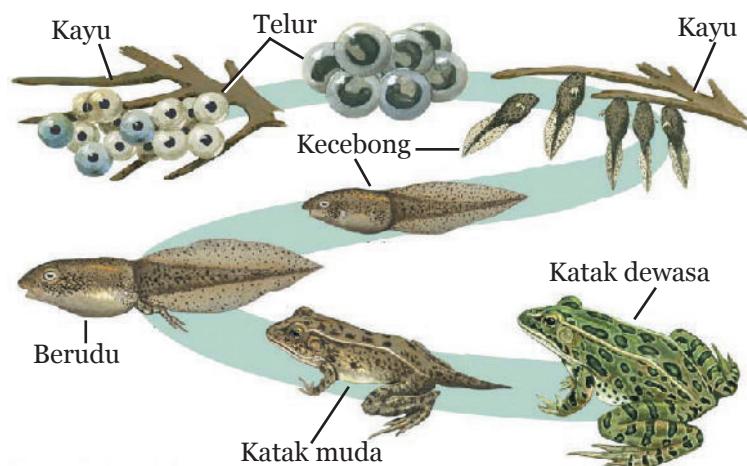
Sumber: Starr *et al.* 20089

Gambar 2.47 Perkembangan Langsung pada Serangga *Lepisma saccharina*

Pada jenis hewan yang lain, hewan muda memiliki struktur dan fungsi organ tubuh yang berbeda dengan hewan dewasa. Hewan muda tersebut kemudian berkembang melalui tahap tertentu sehingga memiliki struktur dan fungsi organ tubuh yang sama dengan hewan dewasa. Perkembangan hewan yang demikian disebut dengan **metamorfosis.**

Metamorfosis dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metamorfosis tidak sempurna dan metamorfosis sempurna. Pada hewan yang mengalami metamorfosis tidak sempurna, telur akan berkembang menjadi hewan muda yang disebut **nimfa**. Nimfa merupakan hewan muda yang mirip dengan hewan dewasa tetapi memiliki ukuran yang lebih kecil dari hewan dewasa. Selanjutnya, nimfa berkembang menjadi hewan dewasa. Perhatikan Gambar 2.48a!

Pada hewan yang mengalami metamorfosis sempurna, telur akan berkembang menjadi hewan muda yang disebut **larva**. Larva memiliki struktur dan fungsi organ yang sangat berbeda dengan hewan dewasa.

Pada hewan tertentu misalnya kupu-kupu dan lalat, larva berkembang menjadi pupa. Selanjutnya pupa berkembang menjadi hewan dewasa. Selama berkembang, struktur dan fungsi organ tubuh mengalami banyak perubahan sehingga menjadi hewan dewasa. Perhatikan Gambar 2.48b!

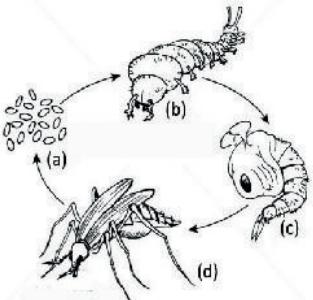
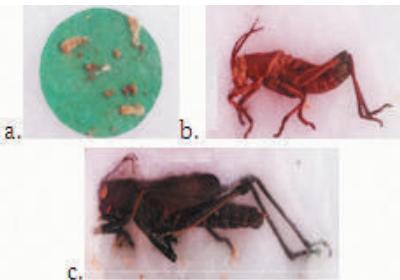
Sumber: Starr *et al.* 20089

Gambar 2.48 (a) Metamorfosis Tidak Sempurna pada Kutu, (b) Metamorfosis Sempurna pada Lalat

Pada beberapa hewan, selama perkembangan hidup dari hewan muda menjadi hewan dewasa terjadi perkembangbiakan secara seksual dan secara aseksual. Tahukah kamu hewan ubur-ubur? Selama perkembangan hidupnya, ubur-ubur dapat berkembang biak secara seksual dan secara aseksual. Ubur-ubur seringkali dijumpai dalam bentuk medusa dan berada pada tahap seksual yaitu dapat menghasilkan sel kelamin. Sel kelamin dilepaskan ke air dan dapat mengalami fertilisasi. Zigot akan berkembang menjadi larva. Jika berada pada tempat yang sesuai, larva akan tumbuh menjadi polip yang disebut skifistoma. Saat dalam tahap polip, ubur-ubur dapat berkembang biak secara aseksual melalui pembentukan tunas. Polip akan berkembang dan menghasilkan strobila. Strobila akan terlepas dari induknya dan berkembang menjadi medusa kecil yang disebut **efira.** Efira selanjutnya tumbuh menjadi medusa dewasa. Coba perhatikan Gambar 2.49!

Sumber: Hickman *et al.* 2008

Gambar 2. 49 Perkembangan Hidup Ubur-Ubur

Selain ubur-ubur, katak juga mengalami perkembangan hidup yang menarik untuk dipelajari. Pernahkah kamu menjumpai puluhan bahkan ratusan kecebong pada suatu kolam? Tahukah kamu darimana asal kecebong? Katak dewasa akan menghasilkan ratusan telur. Telur kemudian menetas menjadi kecebong, kecebong selanjutnya berkembang menjadi berudu yang memiliki kaki. Berudu berkembang menjadi katak muda yang kemudian berkembang menjadi katak dewasa. Perhatikan Gambar 2.50!

Sumber: www.dreamstime.com

Gambar 2.50 Metamorfosis Katak

Ayo, Kita Selesaikan

Lengkapilah Tabel 2.10 dengan menggambarkan tahapan ataupun memberikan gambar!

Tabel 2.10 Tahapan Metamorfosis

No	Gambar Hewan dan Tahap Pertumbuhannya	Keterangan
1	(a) (b) (c) (d) Sumber: thumb7.shutterstock.com (a) Telur (b) Larva (c) Pupa (d) Nyamuk	Metamorfosis pada nyamuk tergolong metamorfosis sempurna, karena ....
2	a. b. c.	Tahapan metamorfosis pada belalang ialah: a. .... b. .... c. .... Metamorfosis pada belalang termasuk tipe metamorfosis ....

No	Gambar Hewan dan Tahap Pertumbuhannya	Keterangan
3	Gambarkan tahap metamorfosis pada kupu-kupu dan berilah keterangan pada tiap tahapan! (a)... (b)... (c)... (d)...	Metamorfosis pada kupu-kupu termasuk tipe metamorfosis ....
4	Gambarkan tahap metamorfosis pada kecoak dan berilah keterangan pada tiap tahapan! (a)... (b)... (c)...	Metamorfosis pada kecoak termasuk tipe metamorfosis ....

Jawablah pertanyaan berikut!

1. Apa saja tahap metamorfosis sempurna pada hewan?
2. Apa perbedaan metamorfosis sempurna dan metamorfosis tidak sempurna?
3. Kesimpulan apa yang dapat disusun dari kegiatan yang telah kamu lakukan?

Tahukah Kamu?

Serangga dapat bermanfaat bagi tumbuhan dan manusia tetapi ada pula serangga yang menjadi hama. Hama dapat dikendalikan secara efektif dengan menggunakan insektisida. Sayangnya, beberapa serangga dapat berkembang dan menjadi tahan terhadap insektisida atau resisten terhadap insektisida. Keadaan ini

biasanya timbul sebagai akibat penggunaan satu jenis insektisida secara terus-menerus dalam waktu yang cukup lama. Racun pada insektisida dapat membunuh hama dan dapat pula membahayakan makhluk hidup bukan hama.

Berbagai cara untuk melakukan pengendalian biologis terhadap hama telah dikembangkan dan diuji. Pengendalian biologis terhadap hama dilakukan dengan bantuan berbagai jenis bakteri, jamur, dan virus. Makhluk hidup parasit dan pemberian predator alami bagi hama juga berhasil dilakukan untuk mengendalikan hama tertentu. Dikembangkan pula metode pengendalian hama dengan melibatkan hama jantan. Hama jantan diberi perlakuan tertentu sehingga tidak dapat melakukan perkembangbiakan. Cara lain dengan diberikan suatu bahan kimia tertentu yang dapat mengganggu perilaku perkembangbiakan hama.

4. Teknologi Perkembangbiakan pada Hewan

Pernahkah kamu mendengar kawin suntik pada sapi? Kawin suntik atau dikenal dengan istilah inseminasi buatan (IB) adalah proses memasukkan cairan sperma (**semen**) dari sapi jantan yang unggul ke dalam saluran perkembangbiakan sapi betina dengan bantuan manusia. Inseminasi buatan ini dilakukan dengan cara memasukkan sperma (semen) yang telah dibekukan dengan menggunakan alat seperti suntikan.

Inseminasi buatan memiliki beberapa manfaat, antara lain efisiensi waktu, efisiensi biaya, dan juga memperbaiki kualitas anakan sapi. Perbaikan kualitas misalnya sebagai penghasil daging yang berkualitas (sapi potong). Sebagai contoh, untuk menghasilkan anakan sapi dengan kualitas daging yang baik dan berjumlah banyak, diambil sel-sel sperma dari sapi brahma dari India untuk diinseminasikan pada sapi betina lokal.

Sumber: www.gettyimages.com
Gambar 2.51 Inseminasi Buatan

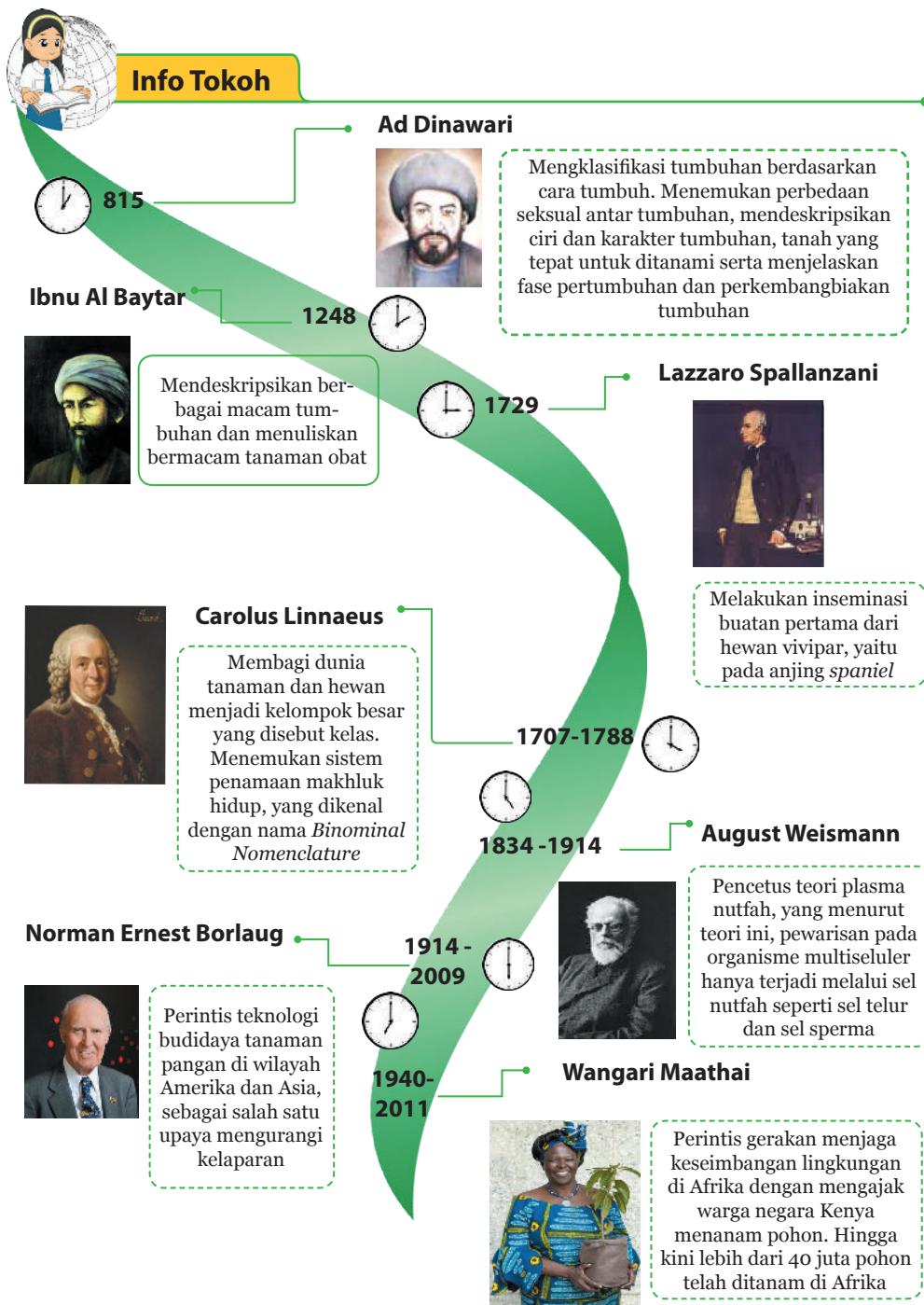
Ayo, Kita Renungkan

Tumbuhan dan hewan serta makhluk hidup yang lain, dianugerahi oleh Tuhan kemampuan untuk dapat berkembang biak dan beradaptasi. Dapat dibayangkan bagaimana akibatnya bagi manusia jika hewan dan tumbuhan berhenti berkembang biak? Tidak akan ada lagi yang dapat memanfaatkan energi matahari seperti yang dilakukan tumbuhan.

Kemampuan perkembangbiakan pada tumbuhan dan hewan sangat beragam, dari yang paling sederhana dengan hanya membelah diri, sampai yang paling kompleks seperti pada mamalia. Dengan kemampuan perkembangbiakan yang demikian, bukan berarti kita juga dapat memanfaatkan mereka sesuka hati kita. Kita juga harus menjaga kelestarian lingkungan, dalam memanfaatkan tumbuhan dan hewan bagi keperluan kita. Pemanfaatan berlebihan tanpa menjaga keseimbangan ekosistem dapat menyebabkan kepunahan jenis-jenis tumbuhan dan hewan. Nah, bagaimana dengan kamu? Ayo, coba jawab pertanyaan atau pernyataan berikut ini dengan jujur!

Tabel 2.11 Pertanyaan untuk Refleksi terkait Sistem Perkembangbiakan pada Tumbuhan dan Hewan

No	Pertanyaan/Pernyataan	Ya	Tidak
1.	Apakah kamu bersyukur kepada Tuhan karena ikan diberikan kemampuan untuk berkembang biak dengan cepat sehingga kita dapat menangkapnya untuk dikonsumsi sehari-hari?		
2.	Apakah kamu bersyukur kepada Tuhan karena sayuran diberikan kemampuan untuk berkembang biak dengan cepat sehingga kita dapat memanennya untuk dikonsumsi sehari-hari?		
3.	Apakah kamu menjaga kelestarian tumbuhan dan hewan agar tidak punah?		
4	Apakah kamu akan menerapkan pengetahuan tentang perkembangbiakan tumbuhan dalam kehidupan sehari-hari?		
5	Apakah kamu akan menerapkan pengetahuan tentang perkembangbiakan hewan dalam kehidupan sehari-hari?		
Total			

Coba kamu hitung total skormu dengan ketentuan:

- Jawaban ”ya” mendapat skor 2 (dua)
- Jawaban ”tidak” mendapat skor 0 (nol)

Bandingkan total skormu dengan kriteria berikut:

- Skor 0 – 3: berarti kamu tidak peduli terhadap kelestarian tumbuhan dan hewan.
- Skor 4 – 6: berarti kamu kurang peduli terhadap kelestarian tumbuhan dan hewan.
- Skor 7 – 10: berarti kamu peduli terhadap kelestarian tumbuhan dan hewan.

Untuk kamu yang tidak peduli atau kurang peduli, sebaiknya kamu terus berusaha untuk meningkatkan kepedulianmu terhadap kelestarian tumbuhan dan hewan.

Info Tokoh

815

Ad Dinawari

Mengklasifikasi tumbuhan berdasarkan cara tumbuh. Menemukan perbedaan seksual antar tumbuhan, mendeskripsikan ciri dan karakter tumbuhan, tanah yang tepat untuk ditanami serta menjelaskan fase pertumbuhan dan perkembangbiakan tumbuhan

Ibnu Al Baytar

1248

Mendeskripsikan berbagai macam tumbuhan dan menuliskan bermacam tanaman obat

1729

Lazzaro Spallanzani

Melakukan inseminasi buatan pertama dari hewan vivipar, yaitu pada anjing *spaniel*

Carolus Linnaeus

Membagi dunia tanaman dan hewan menjadi kelompok besar yang disebut kelas. Menemukan sistem penamaan makhluk hidup, yang dikenal dengan nama *Binominal Nomenclature*

1707-1788

1834 -1914

August Weismann

Pencetus teori plasma nutfah, yang menurut teori ini, pewarisan pada organisme multiseluler hanya terjadi melalui sel nutfah seperti sel telur dan sel sperma

Norman Ernest Borlaug

1914 - 2009

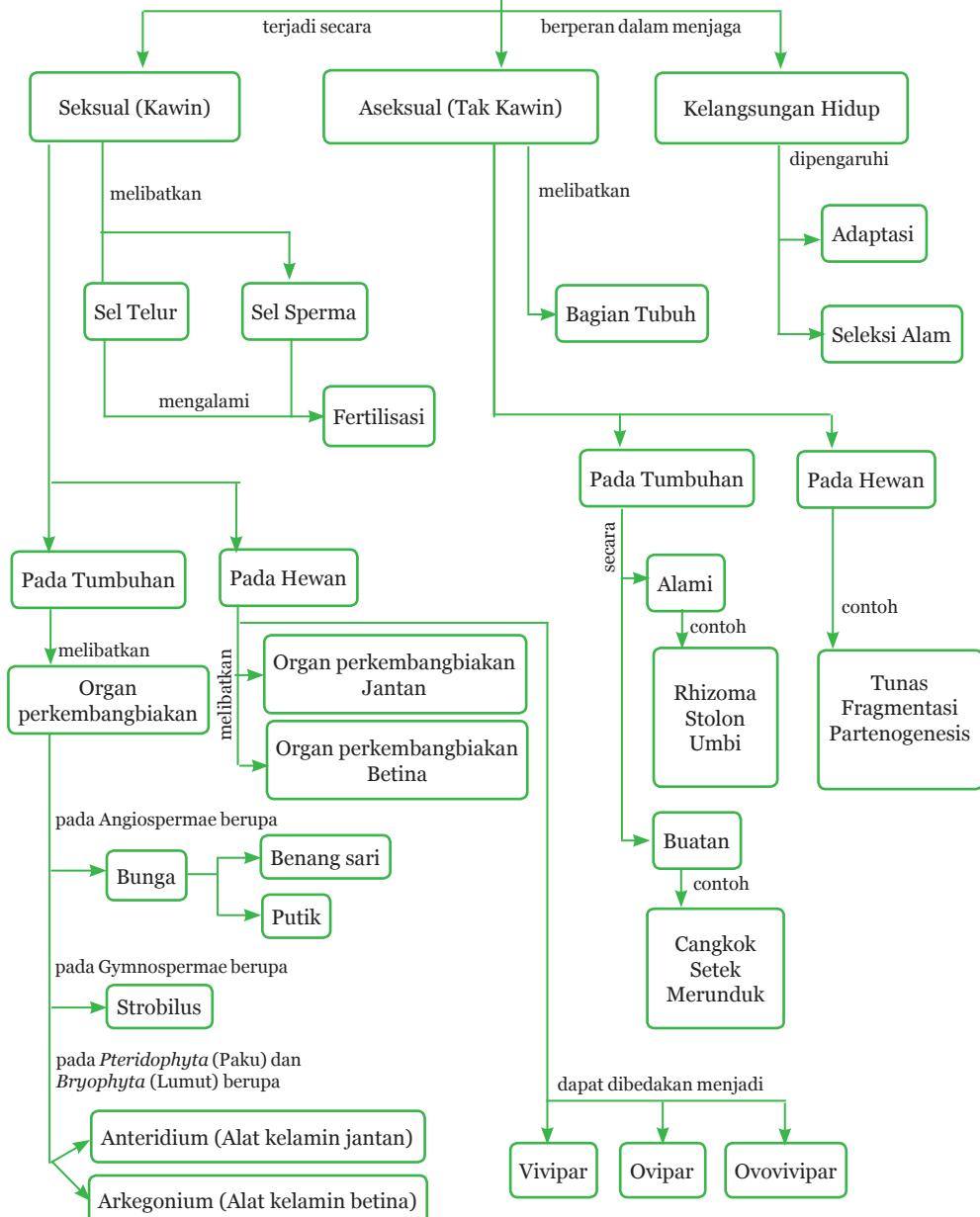
Perintis teknologi budidaya tanaman pangan di wilayah Amerika dan Asia, sebagai salah satu upaya mengurangi kelaparan

1940- 2011

Wangari Maathai

Perintis gerakan menjaga keseimbangan lingkungan di Afrika dengan mengajak warga negara Kenya menanam pohon. Hingga kini lebih dari 40 juta pohon telah ditanam di Afrika

Rangkuman

1. Tumbuhan dan hewan dapat melakukan perkembangbiakan secara seksual dan aseksual.
2. Reproduksi aseksual adalah perkembangbiakan tumbuhan atau hewan tanpa melewati proses fertilisasi. Perkembangbiakan aseksual menggunakan organ tubuh ataupun bagian tubuh hewan ataupun tumbuhan.
3. Reproduksi seksual adalah perkembangbiakan yang melalui proses fertilisasi, yaitu proses peleburan inti sel kelamin jantan (sel sperma) dan inti sel kelamin betina (sel telur).
4. Reproduksi aseksual alami tumbuhan *Angiospermae* dengan menggunakan rhizoma, stolon, umbi lapis, umbi batang, kuncup adventif daun, dan anakan. Perkembangbiakan aseksual buatan dapat dilakukan melalui cangkok, merunduk, menyambung, menempel, dan setek. Perkembangbiakan seksual merupakan cara perkembangbiakan yang melibatkan sel kelamin dan fertilisasi. Perkembangbiakan seksual pada tumbuhan melibatkan sel kelamin berupa sel sperma yang dihasilkan oleh serbuk sari dan sel telur yang dihasilkan oleh putik.
5. Reproduksi pada tumbuhan *Gymnospermae* secara seksual melalui penyerbukan dan pembuahan yang terjadi pada strobilus. Perkembangbiakan aseksual terjadi melalui tunas akar pada tumbuhan pinus dan bulbil pada tanaman pakis haji.
6. Tumbuhan paku (*Pteridophyta*) mengalami tahap gametofit dan sporofit. Perkembangbiakan seksual terjadi pada tahap gametofit yaitu dengan dihasilkannya sel kelamin. Sel kelamin jantan dan betina yang dihasilkan akan mengalami fertilisasi. Tahapan selanjutnya ialah tahap sporofit, yaitu dimulai ketika zigot hasil fertilisasi akan tumbuh menjadi tumbuhan paku yang dapat menghasilkan spora. Perkembangbiakan aseksual pada tumbuhan paku dapat melalui rhizoma.
7. Tumbuhan Lumut (*Bryophyta*) mengalami perkembangbiakan seksual dan aseksual pada satu kali perkembangan hidupnya. Perkembangbiakan seksual dengan menghasilkan gamet jantan dan gamet betina, yaitu pada tahap gametofit. Pada tahap sporofit

tumbuhan lumut menghasilkan spora. Perkembangbiakan lumut secara aseksual dapat melalui gemmae dan fragmentasi.

8. Teknologi perkembangbiakan pada tumbuhan meliputi vertikultur, hidroponik, dan kultur jaringan tumbuhan.
9. Hewan dapat melakukan perkembangbiakan aseksual melalui tunas, fragmentasi, dan partenogenesis.
10. Berdasarkan cara perkembangan dan kelahiran embrionya hewan yang berkembang biak secara seksual dibagi menjadi hewan vivipar, ovipar, dan ovovivipar.
11. Beberapa hewan dapat mengalami tahap perkembangbiakan seksual dan tahap perkembangbiakan aseksual dalam satu kali perkembangan hidup, misalnya pada ubur-ubur.
12. Beberapa hewan dapat mengalami metamorfosis atau perubahan struktur tubuh tiap tahap pertumbuhan dan perkembangannya. Metamorfosis dapat digolongkan menjadi metamorfosis sempurna dan metamorfosis tidak sempurna.
13. Teknologi perkembangbiakan pada hewan misalnya melalui inseminasi buatan.

Bagan Konsep

Sistem Perkembangbiakan pada Tumbuhan dan Hewan

- terjadi secara: Seksual (Kawin), Aseksual (Tak Kawin)
- berperan dalam menjaga: Kelangsungan Hidup
  - dipengaruhi: Adaptasi, Seleksi Alam

Seksual (Kawin)
- melibatkan: Sel Telur, Sel Sperma
  - mengalami: Fertilisasi
- Pada Tumbuhan
  - melibatkan: Organ perkembangbiakan
    - pada Angiospermae berupa: Bunga → Benang sari, Putik
    - pada Gymnospermae berupa: Strobilus
    - pada *Pteridophyta* (Paku) dan *Bryophyta* (Lumut) berupa: Anteridium (Alat kelamin jantan), Arkegonium (Alat kelamin betina)
- Pada Hewan
  - melibatkan: Organ perkembangbiakan Jantan, Organ perkembangbiakan Betina
  - dapat dibedakan menjadi: Vivipar, Ovipar, Ovovivipar

Aseksual (Tak Kawin)
- melibatkan: Bagian Tubuh
- Pada Tumbuhan
  - secara: Alami
    - contoh: Rhizoma, Stolon, Umbi
  - Buatan
    - contoh: Cangkok, Setek, Merunduk
- Pada Hewan
  - contoh: Tunas, Fragmentasi, Partenogenesis

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!

1. Reproduksi yang memungkinkan tumbuhan mewarisi semua karakteristik atau sifat hanya dari satu induk adalah perkembangbiakan secara ....
   A. alami
   B. seksual
   C. generatif
   D. vegetatif
2. Perkembangbiakan vegetatif buatan dapat dilakukan dengan ....
   A. merunduk, setek, dan cangkok
   B. merunduk, enten, dan umbi lapis
   C. okulasi, stolon, dan tunas adventif
   D. rhizoma, enten, dan tunas adventif
3. Berikut menunjukkan seekor kupu-kupu hinggap pada tanaman bunga A lalu membawa serbuk sari dari tanaman bunga A ke tanaman bunga B. Hasil yang akan terjadi dari peristiwa tersebut adalah ....

A B

   A. keturunan dari tanaman bunga A akan terlihat seperti tanaman bunga B
   B. keturunan dari tanaman bunga B akan terlihat seperti tanaman bunga A
   C. keturunan dari tanaman bunga B akan terlihat seperti tanaman bunga A dan tanaman bunga B
   D. tidak akan terbentuk keturunan karena serbuk sari berasal dari jenis tanaman yang berbeda

4. Gambar berikut menunjukkan tanaman buncis pada tahap pertumbuhan yang berbeda. Urutan tahapan pertumbuhan yang benar adalah ....

   A. 2, 1, 3, 4
   B. 2, 1, 4, 3
   C. 3, 2, 1, 4
   D. 4, 2, 3, 1
5. Dayu meletakkan beberapa biji kacang di piring yang diberi kapas basah. Siti juga menaruh beberapa biji kacang di piring dekat piring Dayu dan merendamnya dalam air. Setelah dua hari biji kacang milik Dayu tumbuh berkecambah sedangkan biji kacang milik Siti tidak tumbuh. Penyebab tidak tumbuhnya biji kacang milik Siti adalah ....
   A. biji kacang milik Siti memerlukan lebih banyak udara
   B. biji kacang milik Siti memerlukan lebih banyak cahaya
   C. Siti tidak menaruh piring di tempat yang cukup hangat
   D. Siti seharusnya menggunakan jenis biji kacang yang berbeda
6. Peristiwa yang terjadi selama fertilisasi pada hewan adalah ....
   A. pembelahan sel telur
   B. perkembangan embrio
   C. produksi sel sperma dan sel telur
   D. penyatuan inti sel sperma dan inti sel telur
7. Perlakuan khusus pada serangga jantan agar tidak memproduksi sperma adalah untuk ....
   A. menghasilkan spesies baru serangga
   B. meningkatkan jumlah serangga betina
   C. mengurangi jumlah populasi serangga
   D. mencegah serangga melakukan fertilisasi

8. Untuk mencari tahu apakah biji tumbuh lebih baik di tempat terang kita dapat melakukan kegiatan ....
   A. meletakkan biji di tempat gelap dan hangat
   B. meletakkan biji di tempat hangat dan terang
   C. meletakkan biji tersebut di tempat terang dingin dan gelap dingin
   D. meletakkan biji satu kelompok di tempat terang dan yang lain di tempat gelap
9. Ketika ulat menjadi dewasa, bentuknya akan menjadi ....

10. Anak ayam tumbuh di dalam telur selama 21 hari sebelum menetas. Cadangan makanan anak ayam sebelum menetas adalah ....
    A. makanan dari induk betina
    B. kuning telur yang ada pada telur
    C. putih telur yang mengandung protein albumin
    D. kuning telur dan putih telur yang terdapat di dalam telur

B. Jawablah dengan benar pertanyaan berikut!

1. Jelaskan cara perkembangbiakan tumbuhan secara seksual!
2. Terlihat sekumpulan kupu-kupu yang hinggap pada bunga yang beraneka warna di halaman sekolah. Kupu-kupu yang hinggap pada bunga, ternyata dapat membantu penyerbukan pada bunga. Jelaskan bagaimana kupu-kupu dapat membantu proses penyerbukan pada bunga!
3. Beni telah mengembangbiakkan pohon mangga, satu dengan cara mencangkok dan satu dengan cara menanam bijinya. Dari kedua cara menanam tersebut analisislah, manakah di antara kedua cara penanaman tersebut yang akan menghasilkan sifat yang sama dengan induknya? Manakah yang akan cepat berbuah? Kaitkan dengan perbedaan sifat keturunan hasil perkembangbiakan vegetatif dan generatif!

4. Nyamuk merupakan salah satu serangga yang banyak merugikan dalam kehidupan manusia yang dalam perkembangan hidupnya mengalami metamorfosis sempurna. Upaya apakah yang efektif untuk mengendalikan nyamuk di lingkungan kita?
5. Ayam petelur diberi perlakuan khusus agar dapat menghasilkan telur. Telur ayam yang dihasilkan oleh ayam petelur apabila dierami tidak akan menetas menjadi anak ayam. Analisislah mengapa telur tersebut tidak dapat berkembang menjadi anak ayam!

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Mengamati Perkembangbiakan Vegetatif pada Kentang

- **Permasalahan**

Tumbuhan di sekitar kita dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar yaitu tumbuhan berbiji (Spermatophyta), tumbuhan paku (Pteridophyta), dan lumut (Bryophyta). Tumbuhan-tumbuhan tersebut dapat bertambah banyak karena melakukan perkembangbiakan. Perkembangbiakan pada tumbuhan ada dua jenis yakni secara vegetatif dan generatif. Tiap-tiap kelompok besar tumbuhan memiliki proses perkembangbiakan yang berbeda. Kentang merupakan salah satu contoh tumbuhan berbiji (Spermatophyta) yang dapat melakukan perkembangbiakan secara vegetatif. Oleh karena itu coba kamu jelaskan bagaimana proses perkembangbiakan vegetatif pada kentang?

- **Perencanaan**

Lakukan kegiatan ini dalam kelompok (3–5 orang per kelompok).

- **Pelaksanaan**

Apa yang kamu perlukan?

1. Kentang 5 buah
2. Gelas air mineral 5 buah
3. Tusuk gigi 25 buah
4. Air

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Tempatkan kentang dalam gelas air mineral yang berisi air dengan tusuk gigi sebagai pegangan

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 2.52 Proses Perkembangbiakan Kentang dengan Menggunakan Tunas. (a) Kentang yang Memiliki Mata Tunas, (b) Kentang Ditusuk Menggunakan Lidi, (c) Kentang Diletakkan di Atas Gelas Air Mineral Berisi Air, (d) Kentang Didiamkan Agar Bertunas

2. Gantilah air setiap hari.
3. Lakukan pengamatan setiap hari.
4. Catat hari ke berapa akar dan tunas mulai tumbuh.
5. Setelah tunas tumbuh sekitar 5 cm, pindahkan kentang ke dalam pot yang berisi media tanah.
6. Lakukan penyiraman setiap hari.
7. Amatilah dan catat data yang menunjukkan pertumbuhan dan perkembangan sampai tanaman tersebut berbunga.

Hasil Pengamatan

Deskripsikan proses pertumbuhan dan perkembangan sampai tanaman tersebut berbunga.

- **Penilaian**

1. Buatlah laporan hasil percobaanmu yang dilengkapi dengan gambar/foto kegiatan, data hasil pengamatan, dan sumber rujukan yang digunakan.
2. Presentasikan hasil percobaanmu di dalam diskusi kelas bersama guru.

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Melakukan Penyetekan pada Berbagai Tanaman

- **Permasalahan**

Setelah kamu mempelajari bab tentang cara perkembangbiakan tumbuhan dan hewan ini, kamu menjadi tahu bahwa manusia dapat membantu proses perkembangbiakan vegetatif pada tumbuhan. Bagaimana cara manusia membantu tanaman untuk melakukan perkembangbiakan vegetatif, yaitu menanam tanaman dari batang atau dari daun?

- **Pelaksanaan**

Lakukan kegiatan ini dalam kelompok (3-5 orang per kelompok).

Apa yang kamu perlukan?

1. Tanah
2. Pasir
3. Polibag/wadah yang telah dilubangi bagian bawahnya (pilihan),
4. Cetok/sekop/cangkul,
5. Batang tanaman (batang puring, batang mawar, batang singkong atau tumbuhan lain yang dapat ditemukan di lingkungan sekitar yang dapat disetek) atau daun tanaman Sansivera,
6. Pisau
7. Air

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Campur tanah dan pasir dengan sekop.
2. Masukkan campuran tanah dan pasir ke dalam polibag atau wadah. Jika tidak menggunakan wadah, maka dapat langsung ditanam di tanah yang telah terlebih dahulu digemburkan. Jika kamu menyetek batang tanaman, bersihkan daun yang terdapat pada cabang batang tanaman. Tancapkan batang pada media tanam (tanah dan pasir).
3. Kamu dapat melakukan penyiraman setiap dua hari sekali.
4. Cermatilah perkembangan setek batang tanaman.

Jika kamu menyetek daun tanaman

1. Potonglah daun Sansivera menggunakan pisau atau alat pemotong. Berhati-hatilah ketika bekerja dengan benda yang tajam.
2. Tancapkan daun pada media tanam.
3. Setiap dua hari sekali kamu dapat menyirami setek daun tanaman.
4. Cermatilah perkembangan setek daun tanaman.

Apa yang harus kamu diskusikan?

1. Apakah terdapat perkembangan pada batang tanaman yang kamu setek?
2. Apakah perkembangan yang terjadi pada daun Sansivera?
3. Pada hari ke berapa mulai muncul perkembangan pada setek tanaman?

- **Hasil**

Catatlah proses cara kamu melakukan penyetekan tanaman sertakan fotonya.

Tabel 2.12 Hasil Pengamatan Penyetekan Tanaman

Hari ke-	Deskripsi Perkembangan Tanaman Setek	Gambar
1		
3		
5		

- **Penilaian**

Penilaian dilakukan berdasarkan hal-hal berikut.

1. Produk berupa laporan hasil percobaanmu yang dilengkapi dengan gambar/foto kegiatan, data hasil pengamatan, dan sumber rujukan yang digunakan.
2. Presentasi hasil percobaan di depan kelas.

3 Pewarisan Sifat pada Makhluk Hidup

Sumber: Dok. Kemdikbud

Apakah kamu pernah mengamati teman-temanmu? Jika kamu memperhatikan teman-temanmu, kamu akan menjumpai perbedaan bentuk wajah, bentuk rambut, warna kulit, postur tubuh atau ciri yang lainnya di antara mereka. Mengapa demikian? Dari manakah ciri-cirimu dan ciri-ciri temanmu tersebut? Agar kamu dapat memahaminya, ayo pelajari bab ini dengan cermat dan penuh semangat!

Perhatikanlah teman-teman di dekatmu. Amatilah bagaimana postur tubuh, bentuk rambut, bentuk wajah, bentuk hidung, dan warna kulitnya! Adakah perbedaan antara ciri-ciri fisikmu dengan ciri-ciri fisik teman-temanmu? Perhatikan Gambar 3.1!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 3.1 Siswa SMP

Setelah kamu mengamati temanmu, tentunya kamu melihat bahwa kamu dan temanmu memiliki banyak perbedaan ciri-ciri atau sifat. Mungkin ada temanmu yang memiliki postur tinggi, ada yang pendek, ada yang memiliki rambut lurus, rambut keriting, atau bergelombang. Ada juga yang memiliki wajah bulat dan ada pula yang lonjong. Ada yang memiliki kulit putih, kuning langsat, dan ada yang sawo matang atau kecokelatan. Perbedaan-perbedaan ini dikontrol oleh sesuatu yang disebut sebagai gen, yang diwarisi dari orang tua kita. Dengan peran gen ini pula ciri-ciri tubuh kita mirip dengan orang tua kita.

Tentu kita sekali lagi harus bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan adanya gen-gen ini. Kekurangan satu gen saja dapat menyebabkan kelainan pada ciri tubuh kita. Tahukah kamu apa itu gen? Tahukah kamu di mana letak gen? Bagaimana proses pewarisan gen-gen dari orang tua kepada keturunannya? Dapatkah kita mengubah gen-gen suatu makhluk hidup, misalnya padi, sehingga dapat meningkatkan hasil produksinya? Apakah kamu sangat tertarik untuk mengetahui jawaban pertanyaan-pertanyaan tersebut? Ayo pelajari bab ini dengan antusias!

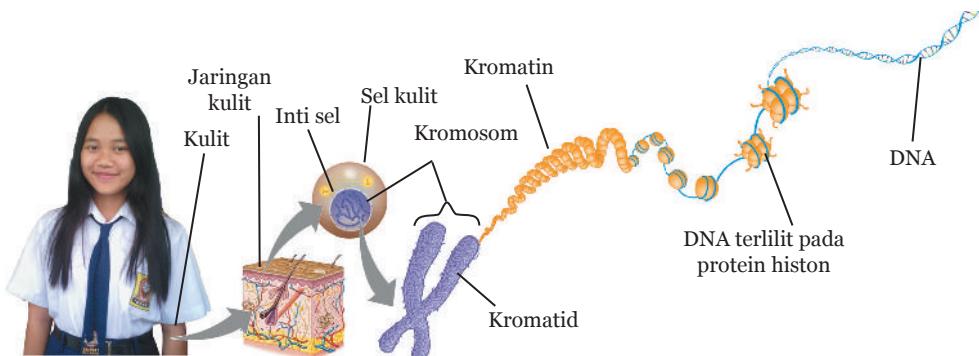
A. Molekul yang Mendasari Pewarisan Sifat

Ayo, Kita Pelajari

- Materi genetik
- Struktur DNA dan RNA
- Peranan materi genetik dalam penentuan sifat

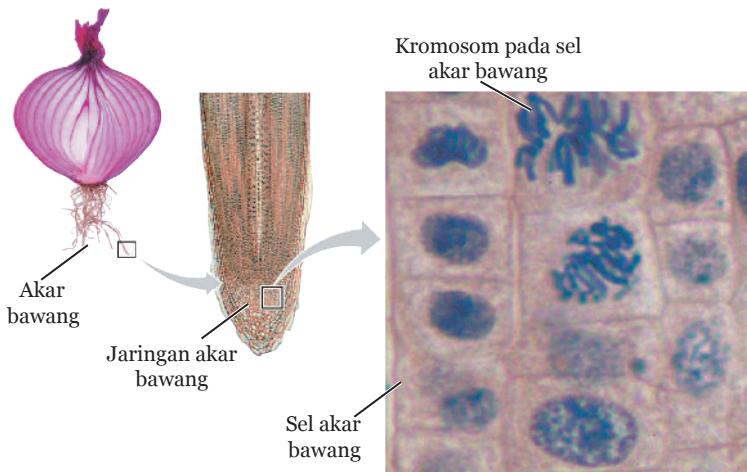
Istilah Penting

- DNA
- Gen
- RNA
- Alela
- Kromosom
- Kariotipe
- Dominan
- Resesif
- Genotipe
- Fenotipe
- Haploid
- Diploid

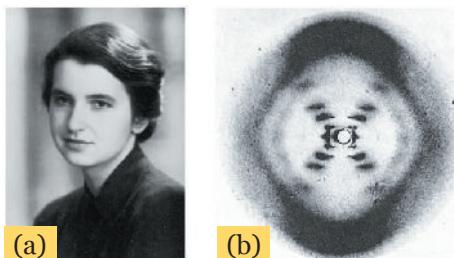
Mengapa Penting?

Untuk membantu kamu memahami cara penurunan sifat pada makhluk hidup dan pemanfaatannya untuk pemuliaan tanaman.

1. Materi Genetik

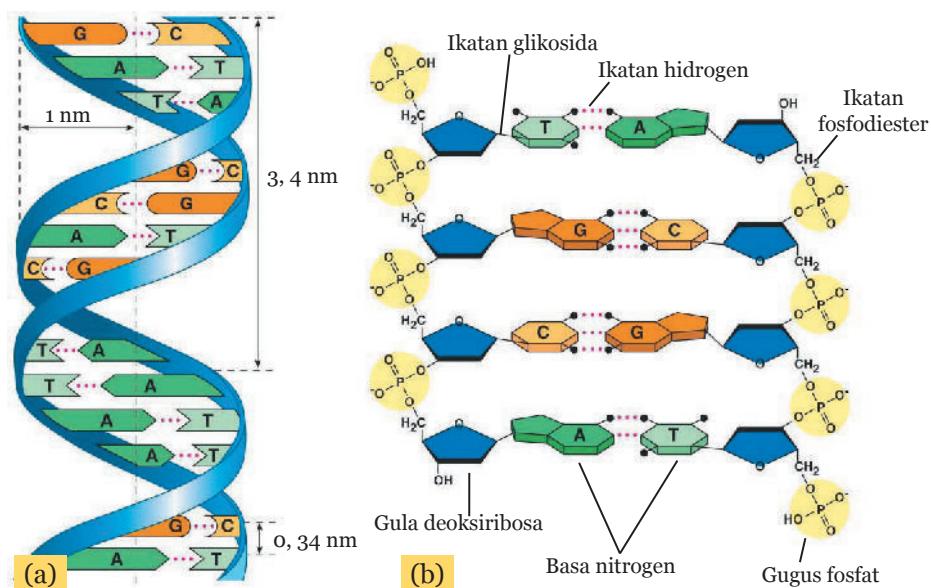
Materi genetik memegang peranan penting dalam proses pewarisan sifat. Warna kulit, bentuk rambut, bentuk hidung, atau bahkan beberapa jenis penyakit tertentu tidak serta-merta dimiliki oleh seseorang. Setiap ciri atau sifat yang ada pada setiap orang adalah warisan dari orang tua yang diwariskan melalui materi genetik. Ayah akan mewariskan materi genetiknya melalui sel sperma, sedangkan ibu akan mewariskan materi genetik melalui sel ovum. Materi genetik dari ayah dan ibu akan bergabung melalui proses fertilisasi. Oleh karena adanya penggabungan materi genetik inilah, pada dirimu muncul beberapa ciri yang mirip dengan ayah dan beberapa ciri yang mirip dengan ibu.

Apa sebenarnya materi genetik tersebut? Molekul yang berperan sebagai materi genetik adalah asam nukleat. Ada dua macam asam nukleat yang berperan sebagai materi genetik yaitu **DNA** (*deoxyribonucleic acid*) dan **RNA** (*ribonucleic acid)*. Pada suatu untai DNA terdapat unit yang memengaruhi sifat atau yang menentukan ciri setiap makhluk hidup yang disebut **gen**. Tahukah kamu di manakah DNA berada? Perhatikan Gambar 3.2!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 3.2 Gambaran Untaian Molekul DNA pada Suatu Sel

DNA terletak di dalam inti sel. Namun, adapula DNA yang tidak terdapat di dalam inti sel. DNA merupakan untaian yang sangat panjang. DNA melilit pada protein yang disebut protein **histon**. Seluruh untai DNA tersebut dikenal dengan **kromosom**. Pada saat sel akan membelah, kromosom memadat sehingga lebih mudah diamati. Oleh karena itu, kita dapat melihat struktur kromosom pada saat sel akan membelah. Sebagai contoh kamu dapat melihat kromosom dengan jelas pada sel akar bawang merah pada Gambar 3.3.

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 3.3 Kromosom Dapat Terlihat pada Sel-Sel Akar Bawang yang Mengalami Pembelahan

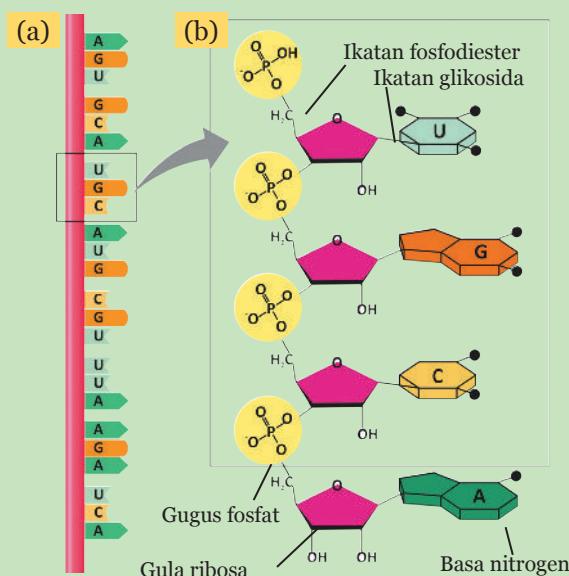
2. Struktur DNA dan RNA

Penemuan struktur DNA tak lepas dari penelitian dari Maurice Wilkins dan Rosalind Franklin yang menggunakan teknik kristalografi (difraksi) sinar-X untuk mempelajari struktur DNA pada tahun 1950 hingga 1953.

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 3.4. (a) Rosalind Franklin, (b) Foto DNA dari Hasil Difraksi Sinar-X

Berdasarkan penelitian Rosalind Franklin, pada tahun 1953, Frances Crick dan James Watson mengemukakan bahwa DNA memiliki struktur seperti suatu untai ganda yang membentuk heliks atau bentuk ulir. Perhatikan Gambar 3.5!

Sumber: Reece *et al.* 2012

Gambar 3.5 Struktur Molekul DNA (a) Struktur Heliks, (b) Struktur Kimia Parsial DNA

Asam nukleat baik DNA maupun RNA terdiri dari subunit **nukleotida**. Masing-masing nukleotida tersusun atas gugus fosfat, gula, dan basa nitrogen. Pada DNA, gulanya berupa gula deoksiribosa, sedangkan pada RNA gulanya adalah gula ribosa. Nukleotida ini dapat dibagi menjadi struktur yang lebih kecil disebut **nukleosida**. Satu unit nukleosida tersusun atas gula dan basa nitrogen (tanpa gugus fosfat). Ada empat senyawa **basa nitrogen** yang menyusun DNA yaitu **adenin** (A) yang selalu berpasangan dengan **timin** (T), serta **guanin** (G) yang selalu berpasangan dengan **sitosin** (C). Basa nitrogen adenin dan guanin dikelompokkan dalam **basa purin**, sedangkan timin dan sitosin dikelompokkan dalam **basa pirimidin**. Pada RNA tidak terdapat basa nitrogen timin (T). Basa nitrogen timin ini pada RNA digantikan oleh basa nitrogen **urasil** (U). Tahukah kamu, struktur heliks DNA terbentuk karena adanya beberapa jenis ikatan kimia. Antara untai DNA diikat oleh ikatan hidrogen. Antara basa nitrogen dan gula diikat oleh ikatan glikosida, sedangkan antar nukleotida dihubungkan dengan ikatan fosfodiester.

Ayo, Kita Cari Tahu

Perhatikan struktur RNA pada Gambar 3.6!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 3.6 (a) Struktur Untai Tunggal Molekul RNA, (b) Struktur Kimia RNA

Bersama kelompokmu, coba kamu bandingkan struktur DNA pada Gambar 3.5 dengan struktur RNA pada Gambar 3.6. Selain memiliki struktur yang berbeda, DNA dan RNA memiliki perbedaan komponen penyusun, fungsi, dan jumlah. Bersama kelompokmu, coba kamu cari tahu apa saja perbedaan DNA dan RNA!

Tahukah Kamu?

Cabang ilmu biologi yang mempelajari materi genetik terkait dengan struktur, ekspresi, perubahan, keberadaannya dalam populasi, serta proses rekayasanya disebut **Genetika**.

3. Peranan Materi Genetik dalam Penentuan Sifat

Setelah memahami struktur DNA, tentu kamu ingin mempelajari lebih lanjut tentang bagaimana salah satu peran materi genetik yang terkait penentuan sifat bukan? Untuk lebih memahami pengaruh materi genetik terhadap ciri setiap makhluk hidup, ayo kita lakukan Aktivitas 3.1 berikut!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 3.1 Mengidentifikasi Sifat-Sifat Anggota Keluarga

Apa yang akan kamu lakukan?

Pada kegiatan ini, kamu akan mengidentifikasi ciri apa saja yang ada pada anggota keluargamu. Masing-masing ciri tersebut dikode oleh suatu gen yang terkandung dalam DNA.

Apa yang kamu perlukan ?

Foto anggota keluarga lengkap (ayah, ibu, kakak atau adik, kamu)

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Buatlah kelompok dengan anggota empat orang.
2. Perhatikanlah foto anggota keluargamu masing-masing.
3. Tulislah pada tabel yang disediakan ciri apa saja yang dapat kamu temukan pada anggota keluargamu.
4. Kamu boleh bertanya kepada orang tuamu untuk melengkapi data yang kamu perlukan.
5. Selanjutnya kamu dapat bertanya kepada anggota dalam kelompokmu mengenai ciri keluarganya sesuai dengan pertanyaan yang tersedia

Tabel 3.1 Ciri Tubuh Anggota Keluarga

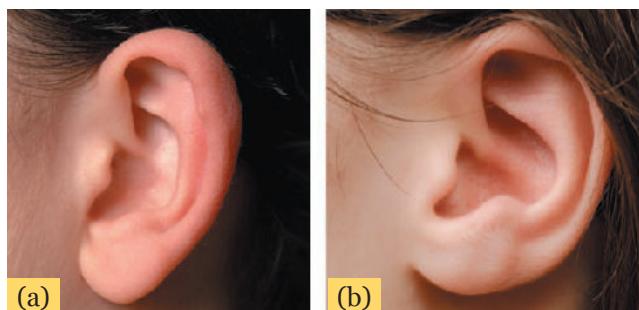
No	Ciri	Ayah	Ibu	Kamu	Adik	Kakak
1	Warna Kulit					
2	Bentuk wajah					
3	Ukuran mata					
4	Postur tubuh					
5	Perlekatan cuping telinga					
6	Warna iris mata					
7	Ketebalan alis					
8	Bentuk hidung					
9	Bentuk rambut					
10	Kemampuan menyatukan lidah (membentuk huruf O)					
11	Lekukan pada pipi saat senyum					
12	Kebiasaan penggunaan tangan					
13	Bintik-bintik pada muka					
14	Jenis ibu jari					

Kamu dapat mengisi tabel di atas dengan menggunakan ciri berikut.

Tabel 3.2 Keterangan Ciri Tubuh Anggota Keluarga

No	Ciri	Keterangan Pilihan
1	Warna Kulit	Kuning langsat, putih, sawo matang, hitam
2	Bentuk wajah	Bulat, lonjong
3	Ukuran mata	Bulat, sipit
4	Postur tubuh	Tinggi, gemuk, pendek, kurus
5	Perlekatan cuping telinga	Melekat, terpisah
6	Warna iris mata	Coklat, hitam, biru, hijau, kuning
7	Ketebalan alis	Tebal, tipis
8	Bentuk hidung	Mancung, pesek (tidak mancung)
9	Bentuk rambut	Lurus, bergelombang/ikal, keriting
10	Kemampuan menyatukan lidah (membentuk huruf O)	Bisa, tidak bisa
11	Ada tidaknya lekukan pada pipi saat senyum	Ada, tidak ada
12	Kebiasaan penggunaan tangan	Kanan, kiri (kidal)
13	Bintik-bintik pada muka	Ada, Tidak
14	Jenis ibu jari	Lurus, bengkok

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Apa saja ciri dari ayah yang muncul padamu?
2. Apa saja ciri dari ibu yang muncul padamu?
3. Adakah sifat pada dirimu yang merupakan gabungan dari kedua orang tuamu? Kalau ada, sebutkan!
4. Adakah teman sekelasmu yang jenis cuping kedua orang tuanya melekat? Apa jenis cuping telinga temanmu, kakak temanmu, atau adik temanmu?
5. Adakah teman sekelasmu yang jenis cuping kedua orang tuanya terpisah? Apa jenis cuping telinga temanmu, kakak temanmu, atau adik temanmu?
6. Adakah teman sekelasmu yang ayahnya memiliki cuping telinga melekat sedangkan ibu memiliki cuping telinga yang terpisah atau sebaliknya? Apa jenis cuping telinga temanmu, kakak temanmu, atau adik temanmu?

7. Adakah teman sekelasmu yang ayahnya memiliki rambut yang keriting sedangkan ibu memiliki rambut yang lurus atau sebaliknya? Apa bentuk rambut temanmu?
8. Coba diskusikan dengan teman sebangkumu, mengapa pada beberapa bagian tubuhmu memiliki ciri mirip ayah dan pada beberapa bagian yang lain mirip ciri dari ibu?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan kegiatan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan Aktivitas 3.1, tentu kamu akan semakin memahami bahwa ciri dari orang tua diturunkan pada anaknya. Kamu juga dapat melihat bahwa jika orang tua memiliki jenis cuping telinga yang melekat, maka semua anaknya juga memiliki jenis cuping telinga yang melekat. Jika salah satu dari orang tua memiliki jenis cuping telinga yang terpisah, maka semua anaknya memiliki jenis cuping telinga yang terpisah, tetapi ada juga kejadian salah satu anaknya memiliki jenis cuping telinga yang melekat. Agar kamu dapat memahami bagaimana sebenarnya bentuk jenis cuping telinga melekat dan jenis cuping telinga yang terpisah perhatikan Gambar 3.7.

Sumber: Reece *et al.* 2012

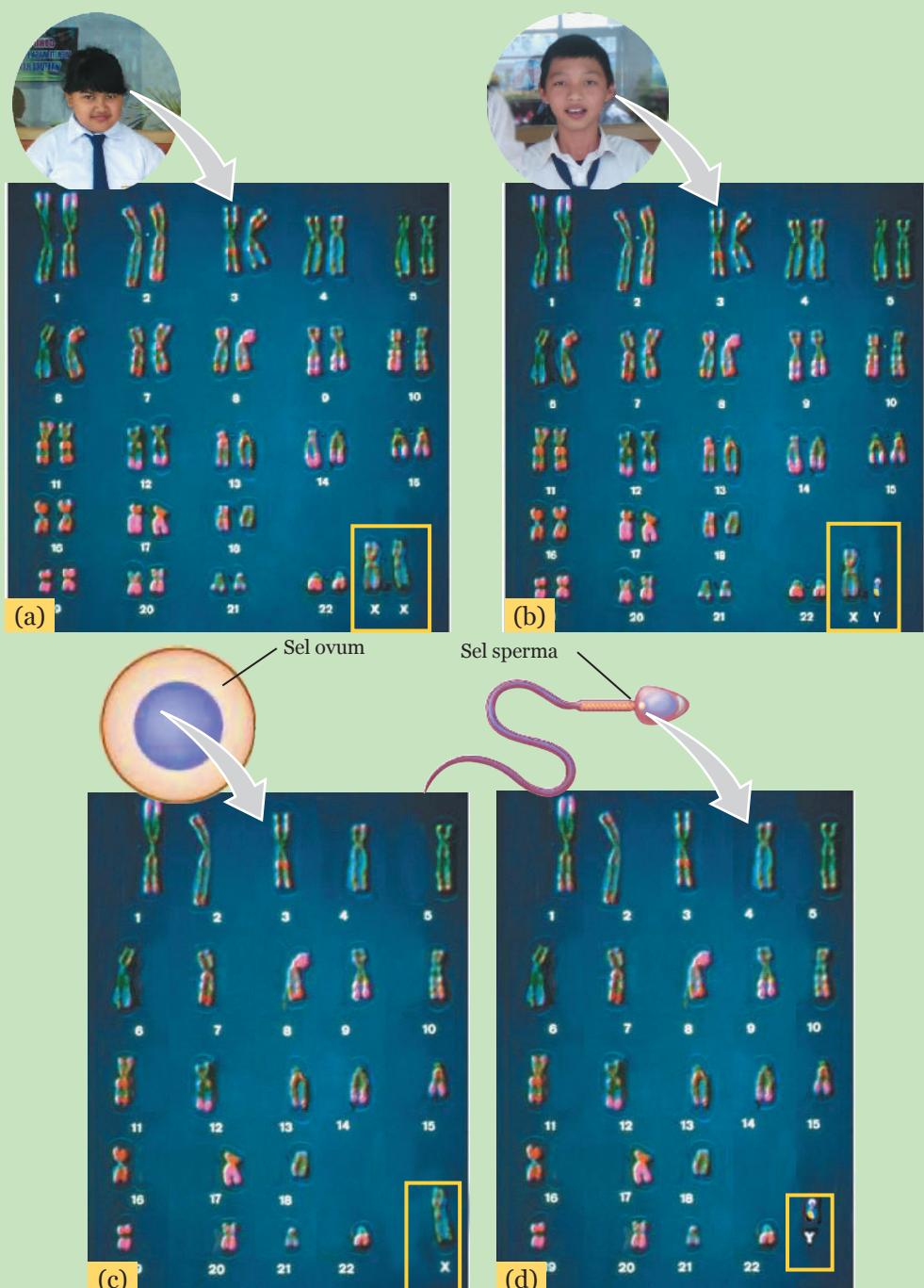
Gambar 3.7 Tipe Perlekatan Cuping Telinga (a) Terpisah (Memiliki Gen GG atau Gg), (b) Melekat (Memiliki Gen gg)

Berdasarkan Gambar 3.7, kamu juga dapat melihat bahwa ketika ada ciri jenis cuping terpisah, maka hampir semua anaknya memiliki jenis cuping yang terpisah, sedangkan yang memiliki sifat cuping melekat hanya sedikit. Dalam pewarisan sifat dikenal istilah **sifat dominan** dan **sifat resesif.** Sebagai contoh, karakter jenis cuping yang terpisah

dapat dikatakan mampu menutupi atau mengalahkan ciri jenis cuping telinga melekat. Karakter yang mampu mengalahkan atau menutupi karakter yang lain disebut **sifat dominan**. Karakteristik yang kalah (dalam fenomena ini karakter cuping melekat) disebut **sifat resesif**.

Gen bertanggung jawab atas sifat suatu organisme. Gen dapat dilambangkan dengan huruf tertentu. **Gen dominan** dapat ditulis dengan huruf kapital, sedangkan **gen resesif** ditulis dengan huruf biasa (kecil). Karakter cuping yang terpisah dikode oleh *gen G* (dominan) sedangkan karakter cuping yang melekat dikode oleh *gen g* (resesif). Variasi atau bentuk alternatif dari suatu gen (dalam hal ini yaitu *gen G* dan *gen g*) disebut **alela**.

Kamu tentunya dapat melihat secara langsung ciri atau sifat yang ada pada tubuhmu atau temanmu yang merupakan perwujudan dari gen bukan? Sifat-sifat atau ciri yang dapat diamati seperti bentuk rambut, warna kulit, dan jenis cuping telinga disebut **fenotipe**. Fenotipe merupakan perwujudan ”ekspresi” dari gen. Akan tetapi, perlu kamu ketahui bahwa tidak semua fenotipe dapat dengan mudah diamati secara langsung menggunakan mata. Ayo, coba sebutkan fenotipe apa saja yang sulit diamati oleh mata!

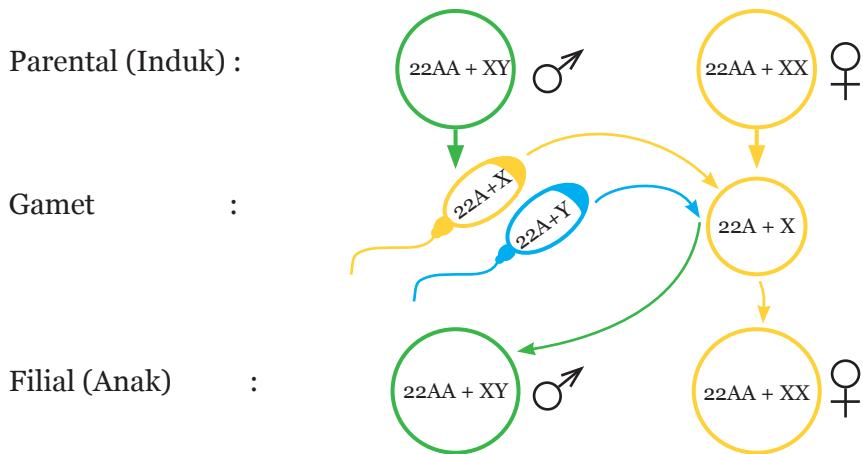
Selain morfologi makhluk hidup yang dapat diamati, fisiologi dan tingkah laku juga merupakan fenotipe. Setiap fenotipe dikendalikan oleh genotipe. **Genotipe** adalah keseluruhan informasi genetik dari suatu individu. Tentu kamu tahu bahwa manusia berdasarkan jenis kelaminnya dibedakan menjadi jenis kelamin laki-laki dan perempuan. Ayo, kita pikirkan, apakah ada gen atau kromosom yang berperan dalam menentukan jenis kelamin tersebut? Untuk menjawabnya ayo, kita lakukan Aktivitas 3.2.

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 3.2 Mengidentifikasi Kromosom Laki-Laki dan Perempuan

Perhatikanlah Gambar 3.8! Gambar 3.8 menunjukkan foto dari kromosom-kromosom yang menyusun sel-sel tubuh (sel somatik) manusia dan kromosom pada sel kelamin (sel gamet). Susunan kromosom pada sel-sel yang sudah diurutkan berdasarkan ukuran dan bentuknya tersebut disebut dengan **kariotipe.**

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 3.8 Kariotipe Perempuan dan Laki-Laki, (a) Perempuan Memiliki Kariotipe 22AA + XX, (b) Laki-Laki Memiliki Kariotipe 22AA + XY, (c) Kariotipe Sel Telur 22A + X, dan (d) Kariotipe Sel Sperma 22A + Y atau 22A + X. Kromosom yang terdapat dalam kotak merupakan gonosom atau kromosom kelamin yaitu X atau Y

Dari kariotipe tersebut coba jawablah pertanyaan berikut.

1. Berapakah jumlah kromosom penyusun sel tubuh manusia?
2. Apakah kromosom-kromosom tersebut berpasangan?
3. Adakah perbedaan kromosom penyusun tubuh perempuan dan laki-laki? Kalau ada, apa perbedaannya? Untuk mempermudah menjawab pertanyaan ini, perhatikan kromosom yang terdapat di dalam kotak!
4. Berapa jumlah kromosom pada sel sperma?
5. Apakah kromosom sel sperma dan sel ovum dalam keadaan berpasangan?

Susunan kromosom pada sel penyusun tubuh berbeda dengan susunan kromosom pada sel kelamin (sel telur atau ovum dan sel sperma). Kromosom pada sel tubuh susunannya berpasangan (Gambar 3.8a dan 3.8b). Keadaan kromosom yang berpasangan disebut dengan **diploid** (di = dua), sedangkan susunan kromosom pada sel kelamin tidak berpasangan dan disebut dalam keadaan **haploid** (Gambar 3.8c dan 3.8d). Keadaan diploid ditulis dengan simbol 2n dan keadaan haploid ditulis dengan simbol n, sehingga kromosom sel kelamin jumlahnya setengah dari kromosom sel tubuh.

Jumlah kromosom sel tubuh manusia sebanyak 23 pasang. Pada keadaan diploid atau 2n, jumlah kromosomnya $23 \times 2 = 46$ buah kromosom. Kromosom nomor 1 sampai nomor 22 disebut **autosom** (kromosom tubuh), sedangkan kromosom nomor 23 disebut **gonosom** (kromosom kelamin). Kromosom nomor 23 (gonosom) inilah yang membedakan kamu laki-laki atau perempuan. Pada biologi, laki-laki diberi simbol ♂ (atau jantan pada hewan dan tumbuhan), dan perempuan diberi simbol ♀ (atau betina pada hewan dan tumbuhan).

Penulisan kromosom kelamin atau gonosom laki-laki ditulis dengan pasangan huruf XY dan untuk perempuan ditulis dengan pasangan huruf XX. Kariotipe atau susunan kromosom laki-laki dapat ditulis dengan rumus 22AA + XY dan untuk perempuan ditulis dengan rumus 22AA + XX. Pada sel kelamin, kromosom tidak dalam keadaan berpasangan (haploid), sehingga kariotipe sel kelamin jantan (sel sperma) adalah 22A + X atau 22A + Y, sedangkan kariotipe sel kelamin betina (sel ovum) yaitu 22A + X. Perhatikan Gambar 3.9!

Sumber: Dok. Kemdikbud

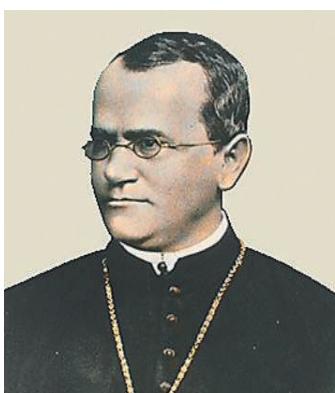
Gambar 3.9 Diagram Kromosom Perkawinan Laki-Laki dengan Perempuan

Masih ingatkah kamu bahwa sel-sel sperma ada yang mengandung kromosom kelamin Y dan ada yang mengandung kromosom kelamin X? Gen-gen pada kromosom kelamin Y memiliki peranan penting dalam menentukan jenis kelamin pada manusia. Pada sel ovum hanya terdapat autosom dan kromosom kelamin X saja. Jadi, ketika sel telur yang mengandung kromosom kelamin X bertemu dengan sel sperma yang mengandung kromosom kelamin X maka akan menghasilkan anak (keturunan) dengan jenis kelamin perempuan (XX). Jika sel telur yang mengandung kromosom kelamin X bertemu dengan sel sperma yang mengandung kromosom kelamin Y maka akan menghasilkan anak (keturunan) dengan jenis kelamin laki-laki (XY). Keturunan dalam proses pewarisan sifat dapat disebut dengan **filial** (F), sedangkan orang tua atau induk disebut dengan **parental** (P).

B. Hukum Pewarisan Sifat

Ayo, Kita Pelajari

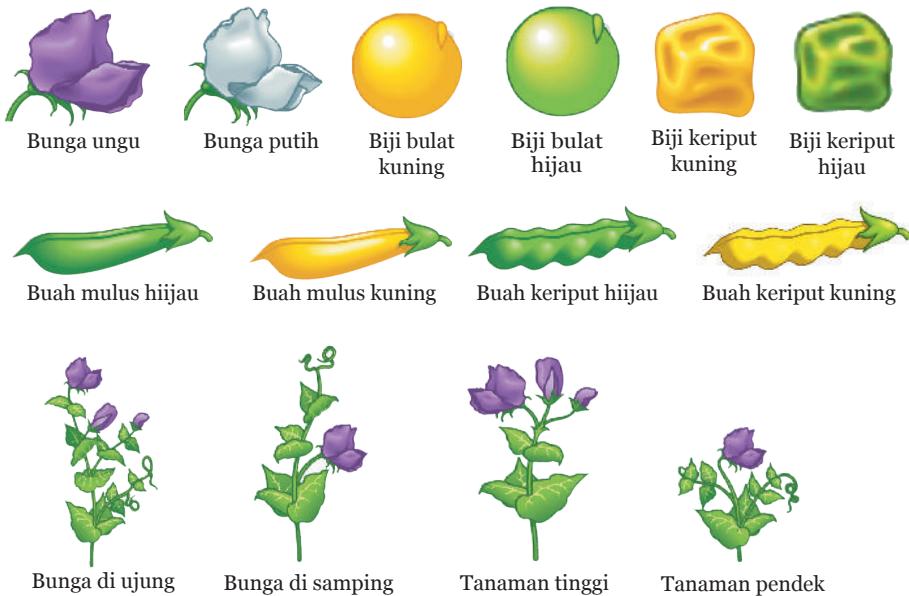
- Persilangan monohibrida
- Persilangan dihibrida

Istilah Penting

- Monohibrida
- Dihibrida
- Parental
- Filial
- Gamet

Mengapa Penting?

Membantu kamu memahami dasar dari pewarisan sifat, sehingga kamu dapat memahami cara-cara mengembangkan tanaman maupun hewan yang memiliki kualitas unggul melalui persilangan.

Penelitian pertama tentang penurunan sifat dilakukan oleh Gregor Mendel, seorang pendeta dan juga ahli botani dari Austria (Gambar 3.10). Mendel mulai meneliti tentang pewarisan sifat pada tahun 1856 dan mencatat hasil temuannya pada *Natural Science Society of Brunn*, Austria pada tahun 1866.

Sumber: Klug *et al.* 2010
Gambar 3.10
Gregor Mendel

Beberapa tahun kemudian, yaitu pada tahun 1900 para ahli botani lainnya meneliti kembali hasil penelitian Mendel dan mereka menemukan kesimpulan yang sama dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Mendel sebelumnya. Mendel menggunakan kacang kapri sebagai objek penelitiannya karena kacang kapri memiliki ciri-ciri yang mudah dibedakan, dapat melakukan penyerbukan sendiri, mudah dilakukan penyerbukan silang, mempunyai daur hidup yang relatif pendek, dan menghasilkan keturunan dalam jumlah banyak. Perhatikan Gambar 3.11!

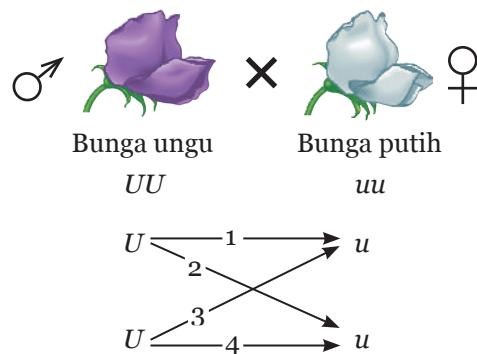
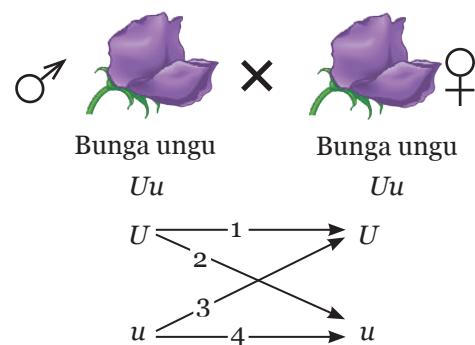
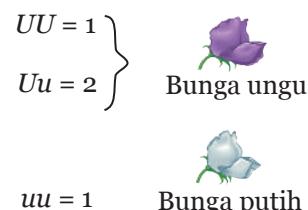
Mendel juga orang yang dikenal pertama kali memperkenalkan teori penurunan sifat. Teorinya dikenal dengan Hukum Mendel. Atas jasanya dalam bidang pewarisan sifat beliau dijuluki sebagai **Bapak Genetika.**

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 3.11 Variasi pada Tanaman Kapri

Tahukah kamu bagaimana penelitian Mendel, sehingga dapat menghasilkan hukum pewarisan sifat yang sampai saat ini banyak dikenal? Mendel melakukan dua jenis persilangan. Pertama Mendel menyilangkan kapri dengan satu sifat beda yang dikenal dengan persilangan **monohibrida** dan kedua menyilangkan kapri dengan dua sifat beda yang dikenal dengan persilangan **dihibrida.**

1. Persilangan Monohibrida (Satu Sifat Beda)

Bagaimana persilangan monohibrida yang dilakukan Mendel? Perhatikan Gambar 3.12! Pada penelitian pertama, Mendel menyilangkan kapri berbunga ungu dengan kapri berbunga putih. Ternyata, seluruh keturunan pertama berbunga ungu. Namun, ketika keturunan tersebut disilangkan dengan sesamanya, keturunan kedua memiliki perbandingan 3 berbunga ungu dan 1 berbunga putih. Berdasarkan hasil persilangan yang dilakukannya, Mendel mengemukakan rumusan yang disebut **hukum I Mendel** atau disebut juga **Hukum Segregasi**. Hukum Segregasi menyatakan bahwa pada waktu pembentukan gamet terjadi segregasi atau pemisahan alela (variasi gen) secara bebas, dari diploid menjadi haploid. Misalnya genotipe suatu tanaman *Uu*, maka gamet yang dibentuk akan membawa *gen U* dan *gen u*.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 3.12 Bagan Persilangan Monohibrida

Tahukah Kamu?

Apakah kamu sudah dapat menentukan gamet dari persilangan monohibrida? Jika kamu mengetahui cara menentukan gamet, kamu akan lebih mudah mempelajari bagan persilangan monohibrida. Pelajarilah penjelasan tentang cara menentukan gamet berikut ini!

a. Genotipe homozigot dominan: *UU* → *U*, → *U*

Jadi gamet untuk genotipe homozigot dominan *UU* adalah *U* dan *U*, meskipun gamet yang terbentuk sebanyak dua dan sama (*U* dan *U*), tetapi pada persilangan dapat dituliskan satu saja (*U*).

b. Genotipe homozigot resesif: *uu* → *u*, → *u*

Jadi gamet untuk genotipe homozigot resesif *uu* adalah *u* dan *u*. Meskipun gamet yang terbentuk sebanyak dua dan sama (*u* dan *u*), tetapi pada persilangan dapat dituliskan satu saja (*u*).

c. Genotipe heterozigot: *Uu* → *U*, → *u*

Jadi gamet untuk genotipe heterozigot *Uu* adalah *U* dan *u*. Gamet yang terbentuk sebanyak dua dan tidak sama (*U* dan *u*), oleh karena itu, pada persilangan semua gamet ditulis.

Ayo, Kita Diskusikan

Ayo diskusikanlah dengan teman sebangkumu pertanyaan berikut!

1. Mengapa semua keturunan pertama (filial 1) bunganya berwarna ungu semua?
2. Mengapa ketika filial 1 disilangkan dengan sesamanya menghasilkan filial 2 bunga berwarna ungu dan bunga berwarna putih dengan perbandingan 3 : 1 ?

Tahukah Kamu?

Untuk memudahkan menentukan kombinasi gen dari suatu persilangan, maka kamu dapat menggunakan Tabel Punnet (*Punnet Square*). Berikut ini adalah cara penggunaan Tabel Punnet.

a. Buat tabel kosong seperti di bawah ini.

b. Jika gen induk jantan adalah *Uu* dan gen induk betina adalah *Uu*, maka berdasarkan hukum pemisahan bebas Mendel, gen akan terpisah secara bebas pada saat pembentukan gamet. *Gen Uu* berpisah menjadi *U* dan *u*, kemudian pasangan *gen Uu* akan terpisah menjadi *U* dan *u*.

Gunakan baris pertama dari tabel untuk mengisi gen dari induk jantan dan kolom pertama dengan gen dari induk betina. Setiap kolom pada tabel diisi dengan huruf yang mewakili sifat dari gen induk, biasanya ditulis dengan huruf latin dalam bentuk kapital atau huruf kecil.

♀ ♂	*U*	*u*
U		
u		

c. Silangkan setiap gen pada tabel, kemudian tulis pasangan gen pada kolom yang sesuai. Gen hasil persilangan merupakan gen yang muncul pada keturunan yang dihasilkan.

♀ ♂	*U*	*u*
U	*UU* (bunga ungu)	*Uu* (bunga ungu)
u	*Uu* (bunga ungu)	*uu* (bunga putih)

Perbandingan filial (F2) bunga ungu : putih = 3 : 1

Ayo, Kita Diskusikan

Tentu kamu telah mengerti persilangan monohibrida atau persilangan satu sifat beda, bukan? Sekarang ayo, diskusikan dengan teman sebangkumu fenomena pewarisan sifat pada jenis cuping telinga (melekat dan terpisah). Buatlah diagram persilangan dari ayah yang memiliki karakter cuping yang terpisah dengan genotipe *GG* (dominan) dan ibu yang memiliki karakter cuping yang melekat dengan genotipe *gg* (resesif). Bagaimana karakter cuping anaknya? Bagaimana karakter cuping cucu mereka jika anaknya menikah dengan orang yang memiliki cuping melekat dengan genotipe *gg* (resesif)?

2. Persilangan Dihibrida (Dua Sifat Beda)

Setelah melakukan persilangan pada bunga kapri yang berwarna ungu dan putih, selanjutnya Mendel mengawinkan dua kacang kapri yang memiliki dua sifat berbeda. Salah satu kacang kapri berbiji bulat dan berwarna kuning, sedangkan pasangannya berbiji kisut dan berwarna hijau. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan sebelumnya, Mendel menetapkan genotipe untuk kacang kapri biji bulat dan berwarna kuning dengan genotipe *BBKK* (dominan) dan kacang kapri berbiji kisut dan berwarna hijau dengan genotipe *bbkk* (resesif). Sebelum kamu mempelajari bagan persilangan dihibrida, pelajarilah terlebih dahulu cara menentukan gamet pada persilangan dihibrida yang terdapat pada fitur ”Ayo, Kita Pahami”.

Ayo, Kita Pahami

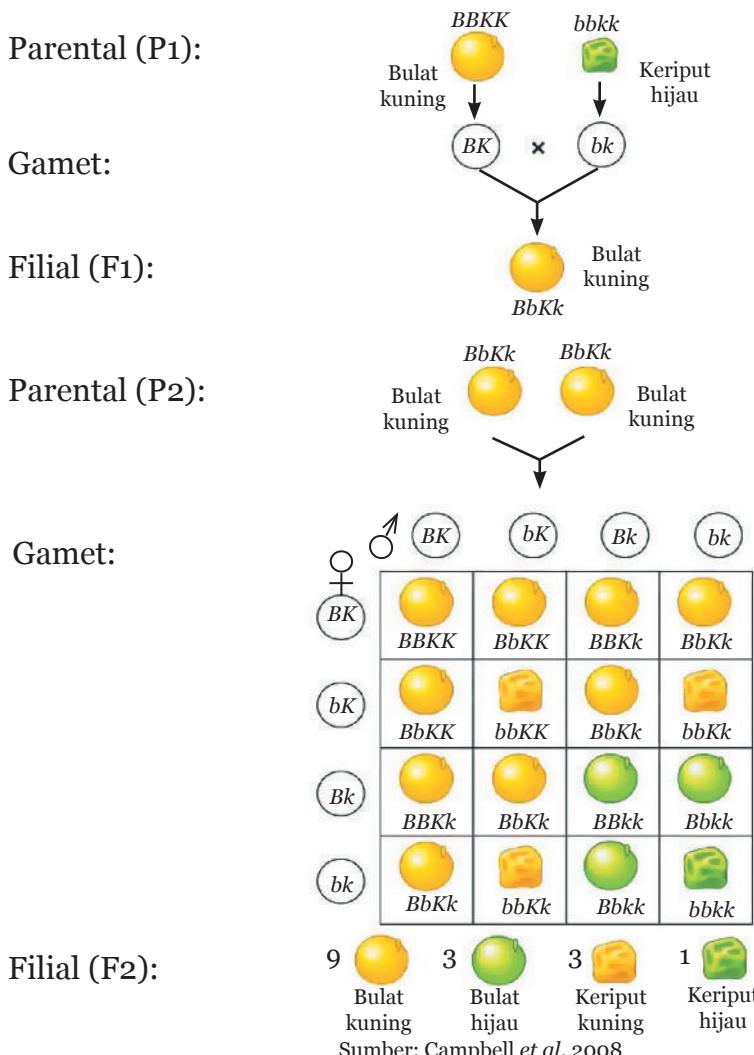
Agar kamu dapat memahami persilangan dihibrida dengan lebih baik, sebaiknya kamu mempelajari terlebih dahulu cara menentukan gamet pada persilangan tersebut.

a. Genotipe homozigot dominan, misalnya: *BBKK*, *gen B* pengode bentuk bulat, sedangkan *gen K* pengode warna kuning.

Gamet yang dihasilkan dari parental dengan genotipe homozigot dominan *BBKK* adalah empat gamet dengan genotipe *BK*.

b. Genotipe homozigot resesif: misalnya: *bbkk*, *gen b* pengode bentuk keriput, sedangkan *gen k* pengode warna hijau.

Gamet yang dihasilkan dari parental dengan genotipe homozigot resesif *bbkk* adalah empat gamet dengan genotipe *bk*.

c. Genotipe heterozigot misalnya: *BbKk*, *gen B* pengode bentuk bulat, *gen b* bentuk keriput, *gen K* pengode warna kuning, dan *gen k* pengode warna hijau.

Gamet yang dihasilkan dari parental dengan genotipe heterozigot *BbKk* adalah empat jenis gamet dengan genotipe yaitu *BK, Bk, bK,* dan *bk*.

Berdasarkan Hukum Segregasi, setiap variasi gen dapat berpisah secara bebas, dan menghasilkan gamet (sel sperma dan sel ovum). Dalam hal ini dari induk (parental) yang memiliki genotipe *BBKK* dan *bbkk* akan terbentuk gamet dengan pasangan *gen BK* dan bk. Keturunan pertama (filial 1) dari induk tersebut semua bergenotipe *BbKk* (berbiji bulat dan berwarna kuning). Selanjutnya Mendel melakukan persilangan kedua, yaitu antarsesama keturunan pertama (*BbKk* × *BbKk*).

Apakah persilangan kedua akan menghasilkan keturunan yang sama dengan persilangan pertama? Jika genotipe induk adalah *BbKk,* maka kemungkinan gamet yang terbentuk adalah *BK, Bk, bK*, dan *bk*. Sifat biji bulat dan berwarna kuning merupakan sifat dominan, sehingga setiap genotipe dengan bentuk *BBKK, BBKk, BbKK, BbKk* akan berbiji bulat dan berwarna kuning. Perhatikan Gambar 3.13!

Sumber: Campbell *et al*. 2008

Gambar 3.13 Bagan Persilangan Dihibrida

Berdasarkan hasil persilangan, diperoleh kacang kapri berbiji bulat berwarna kuning (*BBKK, BBKk, BbKK, BbKk*) sebanyak 9 buah, berbiji bulat berwarna hijau (*BBkk* dan *Bbkk*) sebanyak 3 buah, berbiji keriput berwarna kuning (*bbKK* dan *bbKk*) sebanyak 3 buah, dan berbiji keriput

berwarna hijau *(bbkk)* sebanyak 1 buah, dan diperoleh perbandingan fenotipe bulat kuning: keriput kuning: bulat hijau: keriput hijau sebesar 9 : 3 : 3 : 1. Berdasarkan hasil yang tampak pada turunan kedua (F2) ini, Mendel menyimpulkan bahwa pada saat pembentukan gamet, alela atau variasi gen yang menentukan karakter-karakter berbeda dapat bergabung secara bebas satu sama lain. Misalnya suatu induk memiliki genotipe *BbKk*, maka *gen B* dan *gen b* serta *gen K* dan *gen k* akan memisah, kemudian kedua pasangan tersebut akan bergabung secara bebas sehingga kemungkinan gamet yang terbentuk akan memiliki susunan *gen BK*, *Bk*, *bK*, dan *bk*. Kesimpulan ini selanjutnya dikenal dengan **hukum II Mendel** atau disebut juga **hukum Penggabungan Bebas**. Sekarang, apakah kamu sudah memahami cara-cara pewarisan sifat dari percobaan persilangan monohibrida dan dihibrida?

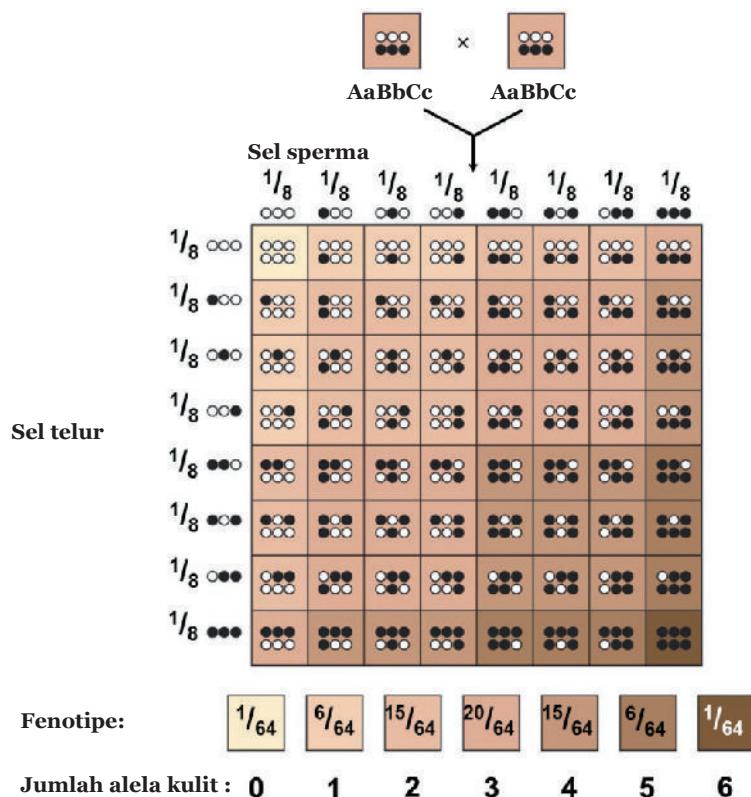
C. Pewarisan Sifat pada Makhluk Hidup dan Kelainan Sifat yang Diturunkan

Ayo, Kita Pelajari

- Warna kulit
- Pertumbuhan rambut
- Jenis cuping telinga

Istilah Penting

- Pigmen
- Melanin
- Alela
- Albino
- *Widow's peak*

Mengapa Penting?

Membantu kamu memahami mekanisme adanya perbedaan atau variasi antarmakhluk hidup dan bagaimana pewarisannya kepada anaknya.

1. Pewarisan Warna Kulit

Setelah kamu mengamati teman-temanmu, tentunya kamu melihat warna kulit mereka berbeda-beda. Mengapa warna kulit mereka berbeda-beda? Ternyata, warna kulit dikode oleh banyak gen. Misalnya, gen pengode warna kulit adalah *gen A, B, C*. Gen ini mengode pembentukan pigmen kulit yaitu pigmen melanin. Pigmen melanin menyebabkan kulit berwarna gelap. Variasi atau alternatif gen warna kulit (alela) yaitu *gen a, b, c*. Orang yang memiliki *gen AABBCC* memiliki kulit sangat gelap, sedangkan yang memiliki *gen aabbcc* memiliki kulit sangat terang. Orang yang memiliki *gen AaBbCc*

memiliki warna kulit sawo matang (tengah-tengah antara sangat gelap dan sangat cerah). Perhatikan Gambar 3.14! Selain akibat gen, faktor lingkungan seperti paparan sinar matahari juga berpengaruh pada fenotipe warna kulit.

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 3.14 Model Pewarisan Warna Kulit pada Manusia

Pernahkan kamu melihat seseorang yang seluruh tubuhnya putih, termasuk pula rambutnya? Orang yang demikian mengalami kelainan yang disebut **albino**. Perhatikan Gambar 3.15! Albino merupakan kelainan yang disebabkan tidak adanya zat warna (pigmen) yang disebut **zat melanin**. Orang yang mengalami kelainan ini pada umumnya mempunyai ciri fotofobia atau takut cahaya. Pigmen melanin berfungsi untuk melindungi kulit dari sinar ultraviolet. Tidak adanya pigmen kulit membuat mereka lebih rentan

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 3.15 Anak yang Normal (Kiri) dan Albino (Kanan)

terserang kanker kulit dan kulit mudah melepuh akibat terpapar sinar matahari. Gen penyebab albino bersifat resesif (*gen a*). Orang yang mengalami kelainan ini memiliki genotipe homozigot resesif (*aa*), orang yang normal memiliki genotipe homozigot dominan (*AA*) dan yang menjadi *carrier* atau pembawa memiliki genotipe heterozigot (*Aa*).

Ayo, Kita Selesaikan

Jika ada seorang laki-laki pembawa (memiliki genotipe *Aa*) menikah dengan seorang perempuan yang juga pembawa (memiliki genotipe *Aa)*, bagaimanakah kemungkinan genotipe anaknya?

2. Pewarisan Tipe Perlekatan Cuping Telinga

Masih ingatkah kamu pada kegiatan pengamatan ciri-ciri teman-temanmu? Ketika kamu mengamati telinga teman-temanmu, adakah yang cuping telinganya melekat dan adakah yang terlepas? Perhatikan kembali Gambar 3.7 jika kamu masih belum paham tentang ciri perlekatan cuping telinga.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya tipe perlekatan cuping telinga ini juga dikontrol oleh gen, yaitu *gen G* untuk cuping telinga terpisah atau terlepas dan *gen g* untuk cuping telinga melekat. Jadi, seseorang yang memiliki *gen G* (baik bergenotipe *GG* atau *Gg*) akan memiliki tipe perlekatan cuping telinga terpisah, sedangkan yang memiliki tipe perlekatan cuping melekat memiliki *gen gg*.

3. Pewarisan Bentuk Rambut

Bentuk rambut juga dikode oleh gen. Ada dua macam gen yang mengendalikan bentuk rambut, *gen C* (dominan) mengode rambut keriting, dan *gen s* (resesif) mengode rambut lurus. Bentuk rambut merupakan kasus yang menarik yang dikenal dominansi tidak sempurna. Artinya, jika kamu memiliki salah satu dari kedua jenis gen tersebut (*gen C* dan *gen s*), kamu akan mendapat campuran dari keduanya yaitu rambutmu akan menjadi berombak (*Cs*). Jadi, orang

yang memiliki rambut keriting memiliki genotipe *CC*, orang yang memiliki rambut berombak memiliki genotipe *Cs*, dan yang memiliki rambut lurus memiliki genotipe *ss*.

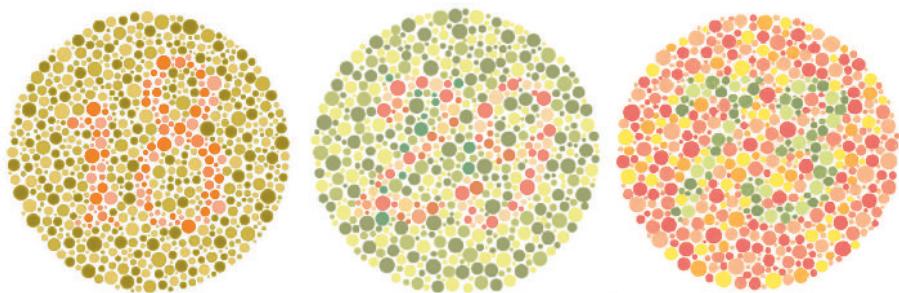
Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 3.16 Bentuk Rambut (a) Rambut Keriting, (b) Rambut Lurus, dan (c) Rambut Bergelombang/Ikal

Ayo, Kita Pikirkan!

Ketika ada seorang laki-laki memiliki rambut bergelombang (*Cs*) menikah dengan seorang perempuan yang juga memiliki rambut bergelombang (*Cs*), bagaimanakah kemungkinan bentuk rambut anak-anaknya?

4. Pewarisan Bentuk Pertumbuhan Rambut pada Dahi

Coba amati rambut yang tumbuh pada dahi teman-temanmu. Apakah kamu menemukan perbedaan? Perhatikan Gambar 3.17! Ada rambut yang tumbuh melingkar biasa atau tumbuh seperti huruf ”V” atau yang dikenal dengan *widow’s peak*. Tumbuhnya rambut seperti huruf ”V” dikontrol oleh *gen W* (diambil dari istilah *widow’s peak*). *Gen W* ini bersifat dominan, orang yang memiliki pertumbuhan rambut pada dahi memiliki *gen WW* (homozigot dominan) atau *gen Ww* (heterozigot), sedangkan orang yang tidak memiliki pertumbuhan rambut seperti huruf ”V” memiliki genotipe homozigot resesif (*ww*).

Sumber: Reece *et al*. 2012

Gambar 3.17 Pertumbuhan Rambut pada Dahi (a) Seperti Huruf "V" (Memiliki *Gen WW* atau *Ww*), (b) Melengkung (Memiliki *Gen ww*).

5. Pewarisan Kelainan Buta Warna

Tahukah kamu apa itu buta warna? Buta warna adalah kelainan seseorang yang tidak dapat membedakan beberapa warna dengan baik, biasanya antara merah, oranye, biru, dan hijau. Sekarang coba perhatikan dan tebaklah angka yang ada pada Gambar 3.18 (kamu dapat melakukannya dengan teman sebangkumu).

Sumber: catarac-surgey.info

Gambar 3.18 Tes Buta Warna

Kelainan buta warna diakibatkan gen yang berada pada kromoson kelamin X. Seorang perempuan akan menderita buta warna jika kedua kromosom X mengandung gen buta warna ($X^{cb}X^{cb}$), namun jika hanya salah satu kromosom X yang mengandung gen buta warna ($X^{cb}X$) maka perempuan tersebut akan menjadi pembawa (*carrier*) gen buta warna tanpa menjadi penderita. Pada laki-laki jika kromosom X mengandung gen buta warna maka akan langsung menderita buta warna ($X^{cb}Y$).

6. Pewarisan Kelainan Hemofilia

Sumber: www.ehealthyblog.com

Gambar 3.19 Luka pada Orang yang Menderita Hemofilia

Hemofilia merupakan kelainan dengan ciri darah penderita sulit menggumpal ketika terjadi luka pada bagian tubuh tertentu, yang disebabkan tidak dihasilkannya faktor penggumpalan darah dalam tubuh seseorang. Saat penderita hemofilia mengalami luka disertai pecahnya pembuluh darah, maka darah akan terus mengalir keluar dan sukar membeku sehingga penderita dapat mengalami kekurangan darah dan dapat menyebabkan kematian. Perhatikan Gambar 3.19!

Gen hemofilia terletak pada kromosom X dan sering ditandai dengan lambang X^h (huruf X sebagai penanda jenis kromosom, huruf *h* sebagai penanda gen hemofilia). Jika wanita memiliki salah satu kromosom X yang mengandung gen hemofilia (memiliki genotipe X^hX), maka ia akan menjadi pembawa (*carrier*) kelainan hemofilia. Wanita dengan kedua kromosom X mengandung gen hemofilia (memiliki genotipe $X^h X^h$) akan meninggal (letal) pada saat dilahirkan. Seorang laki-laki memiliki satu kromosom X saja, sehingga orang laki-laki yang menderita hemofilia adalah laki-laki yang memiliki kromosom X yang mengandung gen hemofilia (X^hY).

Tahukah Kamu?

Pernahkah kamu mendengar informasi tentang meledaknya bom atom yang terjadi di Hirosima dan Nagasaki? Bom atom tersebut dijatuhkan pada tahun 1945. Peristiwa ini menyebabkan banyak sekali kematian dan kerusakan. Bom atom tersebut juga menyebabkan berbagai jenis kanker pada orang-orang yang masih hidup, karena pernah terpapar zat radioaktif dari bom atom ini. Banyak bayi yang lahir mengalami cacat mental dan berpotensi memiliki kanker. Semua ini dapat dihubungkan dengan mutasi genetik yang terjadi akibat radioaktif. Bagaimana radioaktif dapat menyebabkan mutasi gen?

Zat radioaktif akan melepaskan radiasi berupa partikel alfa, partikel beta, dan sinar gama. Ketika radiasi ini mengenai molekul DNA dengan energi yang cukup, akan merangsang transkripsi gen-gen pengatur pembelahan sel. Hal ini menyebabkan terjadinya pembelahan sel yang tidak terkendali sehingga terbentuk kanker.

Selain itu radiasi ini juga dapat menguraikan molekul air dalam sel tubuh sehingga membentuk radikal bebas. Radikal bebas ini merupakan atom yang memiliki elektron yang tidak berpasangan sehingga tidak stabil. Radikal bebas ini dapat menyebabkan kerusakan berbagai molekul dalam sel tubuh manusia termasuk molekul DNA. Meskipun radiasi dari zat radioaktif dapat menyebabkan banyak kerusakan, dalam dosis tertentu radiasi ini juga dapat digunakan untuk membunuh sel tumor.

D. Penerapan Pewarisan Sifat dalam Pemuliaan Makhluk Hidup

Ayo, Kita Pelajari

- Pewarisan sifat dalam pemuliaan tanaman dan hewan

Istilah Penting

- Varietas
- Hibrida

Mengapa Penting?

Membantu kamu memahami penerapan pewarisan sifat pada hewan dan tanaman sehingga dapat dihasilkan jenis yang unggul.

1. Pewarisan Sifat dalam Pemuliaan Tanaman

Sudah lama manusia memanfaatkan pengetahuannya terkait dengan genetika di bidang pertanian, salah satunya yaitu dalam penyiapan bibit unggul melalui pembuatan varietas hibrida. Pernahkah kamu mendengar varietas padi hibrida atau jagung hibrida? Varietas hibrida merupakan suatu jenis tanaman yang merupakan keturunan dari persilangan antara dua atau lebih jenis tanaman yang memiliki ciri-ciri genetik yang berbeda. Persilangan ini tentunya juga berdasar pada penemuan yang dilakukan Mendel tentang hukum pewarisan sifat. Varietas hibrida ini dibuat untuk mengambil manfaat dari munculnya kombinasi yang baik dari induk-induk yang disilangkan.

Padi hibrida dapat menghasikan beras 30% lebih banyak daripada padi pada umumnya, lebih tahan terhadap lahan yang kering, lebih pulen, lebih wangi, dan lebih cepat dipanen. Contoh padi hibrida misalnya varietas *Sembada, IR 64, Way Apo, Arize, Intani, PPH, Beras Prima*, dan varietas *IPB 4S*. Varietas padi *IPB 4S* dikembangkan oleh Institut Pertanian Bogor (IPB) (Gambar 3.20). Padi ini dikembangkan dalam rangka membantu pemerintah mencegah krisis pangan. Padi varietas ini dapat dipanen setelah ± 112 hari penanaman, memiliki tekstur yang pulen, tahan terhadap hama tungro, dan mampu menghasilkan hasil panen sebesar 10,5 ton/Ha.

Sumber: faperta.ipb.ac.id

Gambar 3.20 Padi Varietas IPB 4S

Selain padi, juga ada jagung hibrida, misalnya *Hibrida C 1, Hibrida CP 1* dan *CPI 2, Hibrida IPB 4, Hibrida Pioneer 2, Malin, Metro,* dan Varietas *Bima*. Jagung varietas *Bima-14 Batara* (Gambar 3.21) merupakan jagung hibrida unggul yang dihasilkan Balai Penelitian Tanaman Serealia melalui persilangan. Varietas hibrida Bima-14 Batara ini dapat dipanen sekitar ± 95 hari setelah penanaman, memiliki tinggi ± 199 cm, dan perakaran yang kuat sehingga tidak mudah roboh. Penampilan jagung ini kokoh dan seragam. Kelobot jagung menutup rapat sehingga tahan penyakit bulai, penyakit karat, dan penyakit bercak daun. Bentuk biji jagung ini seperti mutiara dan berwarna kuning. Jagung varietas Bima-14 Batara ini mampu menghasilkan hasil panen sebesar 12,9 ton/ha. Selain memiliki potensi hasil panen yang tinggi, tanaman jagung tersebut juga tidak mudah busuk, sehingga cocok digunakan sebagai pakan ternak sapi dan domba.

Sumber: litbang.deptan.go.id

Gambar 3.21 Jagung Varietas Bima-14 Batara

Ayo, Kita Cari Tahu

Selain padi dan jagung, banyak varietas tanaman hibrida yang merupakan hasil pemuliaan tanaman. Bersama kelompokmu, carilah informasi beberapa jenis tanaman yang merupakan hasil pemuliaan tanaman beserta keunggulan varietas tersebut. Kamu dapat mencari informasi tersebut dari berbagai sumber, misalnya dari majalah pertanian, buku-buku di perpustakaan, internet, atau penyuluh pertanian di daerahmu. Buatlah poster dari informasi yang telah kamu dapatkan. Kemudian, presentasikan temuanmu dalam diskusi kelas.

2. Pewarisan Sifat dalam Pemuliaan Hewan

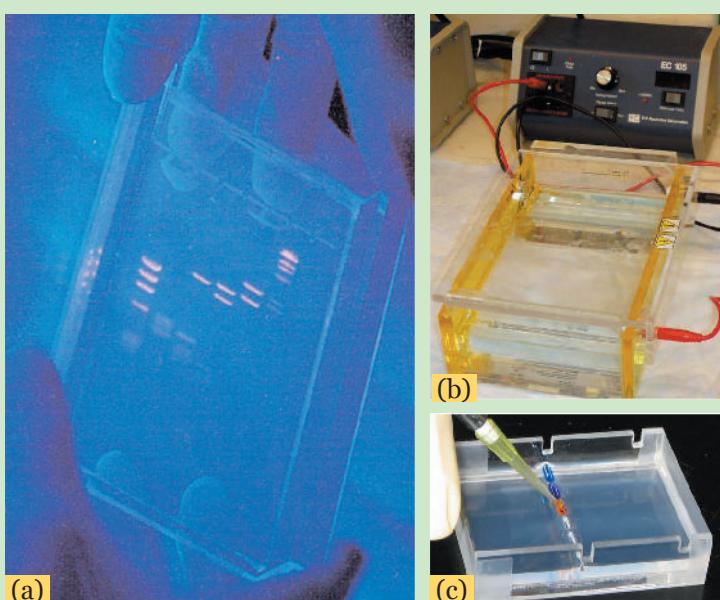
Pewarisan sifat berperan penting dalam pemuliaan hewan untuk menghasilkan hewan ternak berkualitas tinggi. Misalnya unggas yang mampu menghasilkan banyak telur atau sapi dengan kualitas susu dan daging yang baik.

Sumber: en.wikipedia.org

Gambar 3.22 Ayam *Playmouth Rock* Putih

Masih ingatkah kamu dengan ayam potong atau ayam broiler yang sering dikonsumsi masyarakat? Tahukah kamu bahwa ayam potong ini sebenarnya merupakan hasil persilangan beberapa jenis ayam? Ayam broiler dapat dikelompokkan berdasar asal daerahnya antara lain: Amerika, Mediterania, Inggris, dan Asia. Pada umumnya ayam broiler di Indonesia juga berasal dari daerah-daerah tersebut. Contoh jenis ayam broiler dari Asia yaitu jenis *Brahma* yang berasal dari India. Ayam broiler dari Inggris misalnya jenis *Cornish*, ayam ini memiliki tubuh yang pendek, tetapi menghasilkan banyak daging. Ayam broiler dari Amerika misalnya jenis *Playmouth Rock* (Gambar 3.22), memiliki bulu butih keabuan, tubuh besar, daging yang lezat, dan mampu menghasilkan telur dengan baik. Ayam ini dihasilkan dari persilangan ayam *Dominique* dengan ayam jenis *Black Cochin*.

Ayo, Kita Cari Tahu

Bersama kelompokmu, carilah informasi beberapa jenis hewan yang merupakan hasil pemuliaan hewan beserta keunggulannya. Kamu dapat mencari informasi tersebut dari berbagai sumber, misalnya dari majalah pertanian, buku-buku di perpustakaan, internet, atau penyuluh peternakan di daerahmu. Buatlah poster dari informasi yang telah kamu dapatkan. Kemudian, presentasikan temuanmu dalam diskusi kelas.

Tahukah Kamu?

Pernahkah kamu mendengar tes DNA? Sebenarnya apa itu tes DNA? Apa fungsi tes DNA? Tes DNA merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendiagnosis penyakit keturunan dan mengetahui orang tua dari seorang anak atau nenek moyang dari suatu keluarga. Tes DNA dapat digunakan dalam bidang forensik, misalnya identifikasi korban bencana atau untuk menentukan identitasnya.

Bagaimanakah proses tes DNA dilakukan? Perhatikan Gambar 3.23! Tes DNA dilakukan dengan mengambil sebagian sel tubuh seseorang kemudian diekstraksi dengan cara khusus. Kemudian, larutan yang mengandung DNA diletakkan dalam gel agarose. Selanjutnya, dimasukkan ke dalam alat elektroforesis. Setelah melalui tahap elektroforesis akan terbentuk gambaran potongan pita DNA.

Bagaimana kita dapat mengetahui hubungan kekerabatan dengan menggunakan tes DNA? Hubungan kekerabatan dapat diketahui dengan mencocokkan gambaran potongan pita DNA yang terbentuk dari hasil tes DNA seseorang (yang ingin diketahui hubungan kekerabatannya) dengan gambaran potongan pita DNA kerabatnya (keluarga). Dapatkah kamu mencari contoh manfaat lain dari tes DNA?

Sumber: (a) Campbell *et al*. 2008, (b) thefullwiki.org, (c) en.wikipedia.org

Gambar 3.23 Teknik Tes DNA, (a) Gambaran Potongan Pita DNA Hasil Elektroforesis, (b) Alat Elektroforesis, (c) Larutan yang Mengandung DNA Dimasukkan ke Dalam Gel Agarose

Ayo, Kita Renungkan

Apa yang terjadi jika setiap manusia di muka bumi memiliki wajah yang sama? Jika hal ini terjadi, maka kita akan mengalami kesulitan untuk mengenali seseorang. Sistem pewarisan sifat telah menciptakan keanekaragaman pada setiap makhluk di muka bumi. Setiap keturunan baru merupakan hasil perpaduan sifat dari kedua orang tuanya. Tuhan menciptakan keanekaragaman di antara makhluknya untuk menciptakan keindahan sekaligus memberi kesempatan bagi setiap makhluk-Nya untuk saling memberi manfaat kepada satu dengan lainnya. Sudah selayaknya keanekaragaman di antara kita semua menjadi suatu hal yang harus dijaga, bukan menjadi tembok pemisah yang menyebabkan kita tidak dapat bersatu.

Bagaimanakah dengan kamu? Sudahkah kamu mensyukuri segala nikmat Tuhan atas semua sifat yang telah diberikan Tuhan melalui orang tuamu kepadamu?

Tabel 3.3 Pertanyaan/Pernyataan untuk Refleksi Materi Pewarisan Sifat pada Makhluk Hidup

No	Pertanyaan/Pernyataan	Ya	Tidak
1.	Saya sangat mensyukuri segala nikmat Tuhan atas segala sifat yang telah diturunkan melalui orang tua saya kepada saya.		
2.	Saya tidak akan mengolok-olok teman karena bentuk fisiknya. Bagaimanapun bentuk fisik seseorang itu merupakan anugerah Tuhan yang sangat sempurna dan harus disyukuri.		
3.	Sebagai salah satu ungkapan rasa syukur atas nikmat Tuhan yang telah diberikan kepada saya, maka saya ingin belajar dengan rajin agar nantinya dapat menjadi ilmuwan seperti Gregor J. Mendel ataupun ilmuwan yang lainnya.		
4	Setelah mempelajari materi tentang pewarisan sifat pada makhluk hidup, saya termotivasi untuk melakukan pemuliaan hewan dan tanaman.		
5	Saya akan belajar lebih giat lagi tentang bidang genetika, agar kajian genetika di Indonesia lebih maju.		
Total			

Coba kamu hitung, total skormu dengan ketentuan:

- Jawaban ”ya” mendapat skor 2 (dua)
- Jawaban ”tidak” mendapat skor 0 (nol)

Bandingkan total skormu dengan kriteria berikut:

Skor 0 - 3 : berarti kamu memiliki sikap yang kurang baik dalam pembelajaran pewarisan sifat pada makhluk hidup.

Skor 4 - 6 : berarti kamu memiliki sikap cukup baik dalam pembelajaran pewarisan sifat pada makhluk hidup.

Skor 7 - 10 : berarti kamu memiliki sikap yang sangat baik dalam pembelajaran pewarisan sifat pada makhluk hidup.

Bagi kamu yang memiliki sikap kurang baik atau cukup baik, sebaiknya kamu terus berusaha untuk meningkatkan motivasimu dalam belajar pewarisan sifat pada makhluk hidup.

Info Tokoh

(Abad ke-8)

Al Razi

Mengembangkan penelitian tentang penyakit keturunan

(781-869)

Al Jahiz

Lingkungan dapat menentukan ciri fisik penghuni komunitas tertentu. Warna kulit manusia dipengaruhi lingkungan tempat mereka tinggal

(1822-1884)

Gregor J. Mendel

Dikenal sebagai Bapak Genetika dan membuat dua hukum yang disebut Hukum Mendel I dan Hukum Mendel II

1920-1958

Rosalind Franklin

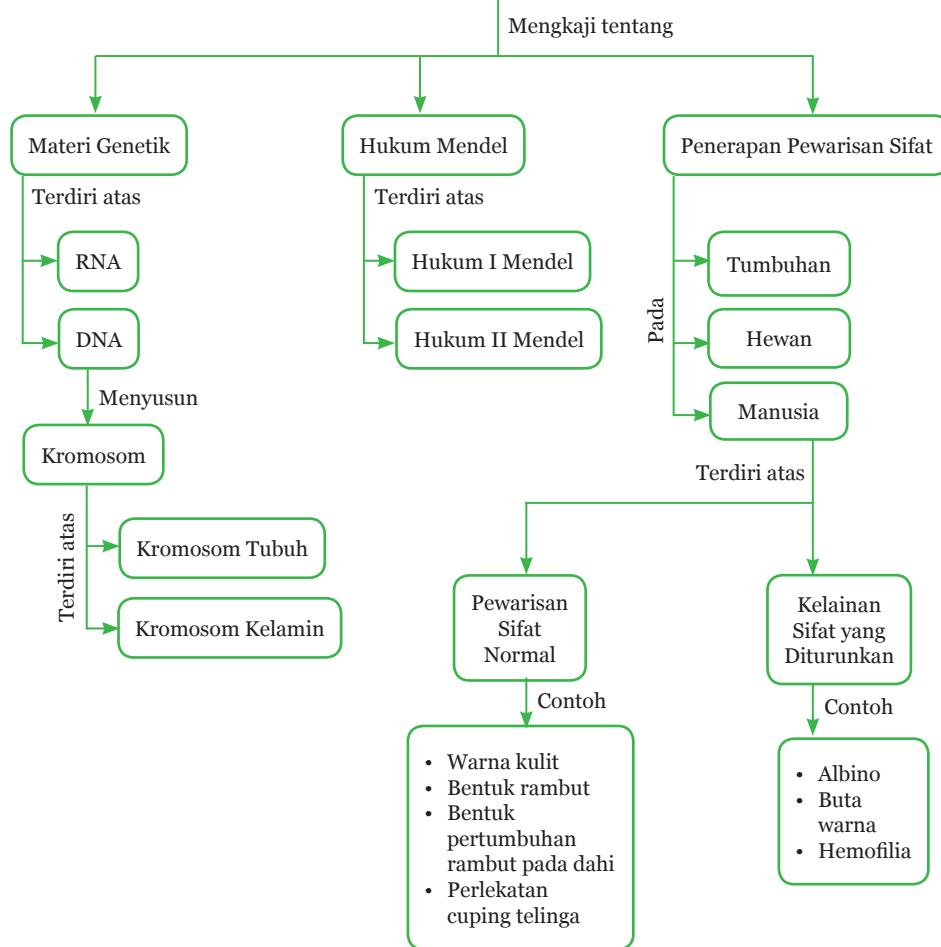
Menggunakan teknik kristalografi sinar-X untuk mempelajari struktur DNA

1954

Watson dan Crick

Menemukan model DNA Heliks ganda

Rangkuman

1. Setiap ciri atau sifat yang ada pada setiap orang adalah warisan dari orang tua yang diwariskan melalui materi genetik.
2. Molekul yang berperan sebagai materi genetik adalah asam nukleat.
3. Ada dua macam asam nukleat yang berperan sebagai materi genetik yaitu DNA (*deoxyribonucleic acid*) dan RNA (*ribonucleic acid*).
4. Gen adalah unit pada suatu untai DNA yang memengaruhi sifat atau menentukan ciri setiap makhluk hidup.
5. Variasi atau bentuk alternatif dari suatu gen (misalnya *gen G* dan *gen g*) disebut alela.
6. Asam nukleat baik DNA maupun RNA terdiri dari subunit nukleotida.
7. Nukleotida tersusun atas gugus fosfat, gula, dan basa nitrogen.
8. Nukleosida tersusun atas gula dan basa nitrogen (tanpa gugus fosfat)
9. Gula pada DNA berupa gula deoksiribosa sedangkan gula pada RNA disebut gula ribosa.
10. Basa nitrogen terdiri atas basa purin dan basa pirimidin. Basa purin pada DNA dan RNA terdiri atas adenin (A) dan guanin (G), basa pirimidin pada DNA terdiri atas timin (T) dan sitosin (C), sedangkan basa pirimidin pada RNA terdiri atas urasil (U) dan sitosin (C).
11. Sifat dominan adalah sifat yang ”mengalahkan” atau menutupi sifat yang lain.
12. Sifat resesif adalah sifat yang ”dikalahkan” oleh sifat dominan, sehingga sifat tersebut tidak muncul.
13. Fenotipe merupakan perwujudan ”ekspresi” dari gen yang berupa sifat-sifat atau karakter yang dapat terlihat seperti bentuk rambut, warna kulit, dan jenis cuping telinga. Fenotipe juga mencakup fisiologi dan tingkah laku.
14. Genotipe adalah keseluruhan informasi genetik yang terkandung pada suatu makhluk hidup.
15. Kromosom pada sel tubuh disebut autosom, susunannya berpasangan atau disebut diploid (2n).

16. Kromosom pada sel kelamin disebut gonosom, susunannya tidak berpasangan atau disebut haploid (n).
17. Jumlah kromosom tubuh manusia sebanyak 23 pasang atau 46 buah, sedangkan jumlah kromosom kelamin sebanyak 23 buah.
18. Keturunan dalam proses pewarisan sifat disebut dengan filial (F), sedangkan orang tua atau induk disebut dengan parental (P).
19. Hukum pewarisan sifat ditemukan oleh Gregor Mendel melalui percobaan dengan menggunakan kacang kapri.
20. Hukum I Mendel menyatakan bahwa pada waktu pembentukan gamet terjadi segregasi atau pemisahan alela (variasi gen) secara bebas, dari diploid menjadi haploid. Hukum I Mendel disebut juga Hukum Segregasi.
21. Hukum II Mendel menyatakan bahwa pada saat pembentukan gamet, alela (variasi gen) yang menentukan karakter-karakter berbeda dapat bergabung secara bebas satu sama lain. Hukum II Mendel disebut juga Hukum Penggabungan Bebas.
22. Ciri atau sifat yang dikontrol oleh dua gen (sepasang) identik disebut dengan homozigot.
23. Ciri atau sifat yang dikontrol oleh dua gen (sepasang) tidak identik (berlainan) disebut dengan heterozigot.
24. Beberapa contoh pewarisan sifat pada manusia antara lain warna kulit, bentuk pertumbuhan rambut pada dahi, tipe perlekatan cuping telinga, dan bentuk rambut.
25. Beberapa kelainan sifat pada manusia yang diturunkan antara lain, albino, buta warna, dan hemofilia.
26. Genetika berperan penting dalam membantu manusia menyingkap masalah penyediaan bahan pangan. Penerapan genetika memungkinkan manusia untuk merakit bibit unggul pada bidang pertanian dan peternakan, sehingga dapat menghasilkan bahan pangan yang diperlukan manusia.

Bagan Konsep

Pewarisan Sifat pada Makhluk Hidup

Mengkaji tentang:

- **Materi Genetik**
  - Terdiri atas:
    - RNA
    - DNA
      - Menyusun: Kromosom
        - Terdiri atas:
          - Kromosom Tubuh
          - Kromosom Kelamin
- **Hukum Mendel**
  - Terdiri atas:
    - Hukum I Mendel
    - Hukum II Mendel
- **Penerapan Pewarisan Sifat**
  - Pada:
    - Tumbuhan
    - Hewan
    - Manusia
      - Terdiri atas:
        - Pewarisan Sifat Normal
          - Contoh:
            - Warna kulit
            - Bentuk rambut
            - Bentuk pertumbuhan rambut pada dahi
            - Perlekatan cuping telinga
        - Kelainan Sifat yang Diturunkan
          - Contoh:
            - Albino
            - Buta warna
            - Hemofilia

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, atau D!

1. Pernyataan tentang kromosom, DNA, dan inti sel yang benar adalah ....
   A. kromosom menggulung di dalam DNA di luar inti sel
   B. DNA dan kromosom tidak berhubungan tapi sama-sama berada dalam inti sel
   C. DNA berbentuk heliks ganda terpilin dalam bentuk kromosom dan berada di luar inti sel
   D. DNA berbentuk heliks ganda terpilin dalam bentuk kromosom dan berada di dalam inti sel
2. Jika sel tubuh pada buah tomat mempunyai 24 kromosom, maka jumlah kromosom pada serbuk sarinya adalah ....
   A. 6 buah
   B. 12 buah
   C. 24 buah
   D. 48 buah
3. Pernyataan yang benar mengenai hukum II Mendel adalah ....
   A. gen berpisah secara acak saat fertilisasi
   B. gen bertemu secara acak saat fertilisasi
   C. gen berpisah secara acak saat pembentukan gamet
   D. gen bertemu secara acak saat pembentukan gamet
4. *Gen K* mengode rambut keriting dan k mengode rambut lurus, *K* dominan terhadap *k*. *Gen H* mengode warna kulit hitam dan *gen h* mengode warna kulit putih. Kombinasi dari gen-gen tersebut yang menunjukkan fenotipe rambut lurus kulit hitam adalah ....
   A. *KKhh*
   B. *KKHH*
   C. *kkHh*
   D. *KkHh*
5. Berikut ini pernyataan mengenai jumlah kromosom manusia:

(1) jumlah kromosom sex manusia adalah 4 buah
(2) jumlah kromosom tubuh manusia adalah 44 buah
(3) jumlah kromosom sex manusia adalah 2 pasang
(4) jumlah kromosom tubuh manusia adalah 23 pasang
(5) jumlah kromosom manusia secara keseluruhan adalah 46 buah

Pernyataan yang benar adalah ....
A. 1, 2, 3
B. 1, 3
C. 2, 5
D. 4 saja

6. Seorang anak dapat mewarisi sifat dari ....
A. hanya dari ibunya
B. hanya dari ayahnya
C. dari ayah dan ibunya
D. dari ayah atau ibunya

7. Ciri atau sifat pada manusia diturunkan dari generasi ke generasi melalui ....
A. RNA
B. sel telur
C. sel gamet
D. sel sperma

8. Cara berikut yang paling baik untuk menentukan apakah dua orang bersaudara adalah ....
A. membandingkan gen mereka
B. membandingkan wajah mereka
C. membandingkan sidik jari mereka
D. membandingkan tipe darah mereka

9. Dua anak kembar berjenis kelamin laki-laki dan perempuan. Pernyataan berikut yang benar mengenai penyusun genetik mereka adalah ....
A. bayi laki-laki dan perempuan tersebut mewarisi sifat hanya dari sang ayah
B. bayi laki-laki dan perempuan tersebut mewarisi sifat hanya dari sang ibu
C. bayi laki-laki dan perempuan tersebut mewarisi sifat dari ayah dan ibunya
D. bayi laki-laki mewarisi sifat hanya dari ayah dan bayi perempuan mewarisi sifat hanya dari ibu

10. Pemuliaan tanaman dapat dilakukan dengan cara ....
    A. perkawinan silang
    B. penanganan hama
    C. melakukan pergiliran tanam
    D. manipulasi lingkungan hidup

B. Jawablah dengan benar pertanyaan berikut!

1. Buah 1 memiliki genotipe *BB* dengan bentuk buah bulat, sementara buah 2 memiliki genotipe *bb* dengan bentuk buah lonjong.
    a. Apabila kedua buah tersebut disilangkan, tentukanlah kombinasi gen antara buah 1 dan buah 2 menggunakan tabel Punnet!
    b. Apabila *gen B* dominan terhadap *gen b*, maka tentukan fenotipe dari hasil kombinasi gen yang kamu lakukan!
2. Seorang perempuan dengan genotipe X^hX pembawa sifat hemofili, menikah dengan seorang laki-laki hemofili dengan genotipe X^hY. Tentukan jumlah anak yang hidup dan anak yang mati!
3. Kacang biji bulat warna kuning dengan genotipe *BBKK* disilangkan dengan kacang biji lonjong warna hijau dengan genotipe bbkk, jika bulat – kuning dominan terhadap lonjong – hijau tentukan:
    a. F1
    b. F2, jika F1 disilangkan sesamanya
4. Pemuliaan tanaman bertujuan untuk menyiapkan bibit tanaman unggul. Apa saja tujuan dari penyiapan bibit tanaman unggul?
5. Ginjal merupakan salah satu organ tubuh manusia. Ketika masih muda ada seseorang yang diambil ginjalnya karena suatu penyakit. Kemudian orang tersebut mempunyai anak.
    a. Berapakah jumlah ginjal yang dimiliki anaknya saat dilahirkan?
    b. Jelaskan jawabanmu!

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Melacak Sejarah Kesehatan Keluarga

Tujuan: Untuk mengetahui sejarah kesehatan keluarga.

Manfaat: Dengan mengetahui sejarah kesehatan keluarga kamu dapat mengetahui kemungkinan-kemungkinan kondisi kesehatanmu dan anggota keluargamu nantinya sehingga kamu dapat memberi saran kepada mereka untuk lebih berhati-hati dalam menjaga pola hidup sehingga dapat hidup dalam kondisi sehat.

- **Permasalahan**

Kita sudah mempelajari tentang pewarisan sifat, yang memiliki peran dalam mewariskan materi genetik yang ada di tubuh kita. Pewarisan sifat adalah sifat-sifat yang dapat diturunkan keluarga kepada anggota keluarga lainnya, misalnya warna kulit, bentuk rambut, bentuk hidung, atau bahkan beberapa jenis penyakit tertentu yang tidak serta-merta dimiliki oleh seseorang. Coba identifikasilah pewarisan sifat dari sejarah kesehatan keluargamu tentang apa saja penyakit yang pernah dialami dan penyakit mana yang dapat diturunkan oleh keluargamu kepada anggota keluarga lainnya!

- **Perencanaan**

Lakukan kegiatan ini dalam kelompok (3–5 orang per kelompok).

- **Pelaksanaan**

Apa yang kamu perlukan?

1. Alat tulis
2. Lembar kotak informasi kesehatan keluarga
3. Pensil warna
4. Kertas warna
5. Kertas manila/asturo

Siapa saja yang harus kalian wawancarai?

1. Orang tua
2. Kakak dan adik
3. Kakek dan nenek
4. Paman dan bibi
5. Keponakan

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Jelaskan kepada anggota keluargamu bahwa kamu tertarik untuk meneliti sejarah kesehatan keluarga.
2. Kumpulkan beberapa informasi mendasar tentang kesehatan keluarga menggunakan kotak informasi kesehatan keluarga.
3. Jika anggota keluargamu memiliki pengalaman dalam masalah kesehatan, kamu dapat bertanya lebih dalam sehingga kamu memiliki pengetahuan lebih banyak. Selain itu, bertanyalah juga kapan mereka mulai menderita penyakit tersebut, bagaimana gaya hidup atau pola hidup mereka yang mungkin dapat menjadi faktor penyebab penyakit tersebut.
4. Kamu dapat menjelaskan kepada mereka manfaat dari tugas ini. Dan ingatlah selalu untuk menjaga sopan santun ketika kamu melakukan wawancara.
5. Setelah selesai, buatlah pohon sejarah kesehatan keluarga.
6. Kamu dapat membuat model kotak informasi kesehatan keluarga dan pohon keluarga berdasarkan kreativitasmu. Gambar 3.25 merupakan contoh lembar kotak informasi kesehatan keluarga:

Nama anggota keluarga:

Hubungan keluarga:

Tanggal lahir :

Informasi kesehatan keluarga:

- ☐ Penyakit jantung
- ☐ Kanker
- ☐ *Stroke*
- ☐ Diabetes
- ☐ Asma
- ☐ Osteoporosis
- ☐ Tekanan darah tinggi
- ☐ Kolesterol tinggi
- ☐ Penyakit lain
- ☐ Gaya Hidup

Apakah perokok?

- ☐ Ya
- ☐ Tidak

Gaya hidup lain yang mungkin penyebab munculnya penyakit:

Apakah sudah meninggal?

- ☐ Ya
- ☐ Tidak

Jika sudah meninggal, umur meninggal:

Penyebab meninggal:

(a)

(b)

Sumber: teach.genetics.utah.edu

Gambar 3.24 (a) Contoh Lembar Kotak Informasi Kesehatan Keluarga, (b) Contoh Pohon Sejarah Kesehatan Keluarga

- **Penilaian**

Penilaian dilakukan berdasarkan:

1. Produk berupa hasil laporan sejarah kesehatan keluarga.
2. Presentasi hasil pelacakan sejarah keluarga.

4 Listrik Statis dalam Kehidupan Sehari-hari

Sumber: Giancoli, 2005

Apakah kamu pernah menggosokkan sisir pada rambutmu? Setelah menggosok sisir pada rambut, apakah kamu pernah mendekatkan sisir tersebut pada benda-benda kecil seperti potongan kertas? Apakah yang terjadi pada potongan kertas tersebut? Apakah potongan kertas tersebut tertarik pada sisir? Bagaimana hal ini dapat terjadi? Agar kamu dapat mengetahui jawabannya, ayo kita pelajari bab ini dengan penuh semangat!

Betapa luar biasa Tuhan yang menganugerahkan rahmat dan hidayah pada manusia berupa pikiran. Dengan pikiran, manusia dapat terus melakukan inovasi yang dapat menunjang kesejahteraan kehidupan manusia, salah satunya adalah listrik.

Coba amati lingkungan sekitarmu, apakah sudah ada listrik? Jika ada, digunakan untuk apa sajakah listrik tersebut? Pada sebagian daerah, listrik sudah menjadi penunjang utama kehidupan. Listrik digunakan untuk menyalakan lampu dan televisi, mengisi baterai telepon genggam, bahkan untuk menanak nasi. Listrik yang mengalir pada kabel atau rangkaian yang digunakan untuk berbagai peralatan elektronik tersebut akan dipelajari lebih lanjut pada pembahasan listrik dinamis. Pada bab ini akan membahas tentang konsep listrik statis dan gejalanya dalam kehidupan sehari-hari.

A. Konsep Listrik Statis

Ayo, Kita Pelajari

- Muatan listrik
- Hukum Coulomb
- Beda potensial
- Energi listrik
- Medan listrik

Istilah Penting

- Muatan
- Elektron
- Proton
- Elektroskop
- Gaya Coulomb
- Medan listrik
- Beda potensial listrik

Mengapa Penting?

Setelah memahami bab ini, kamu akan dapat menjelaskan konsep listrik statis dan gejalanya dalam kehidupan sehari-hari.

1. Muatan Listrik

Atom tersusun atas partikel subatom yaitu proton (bermuatan positif), neutron (tidak bermuatan), dan elektron (bermuatan negatif). Neutron dan proton membentuk inti atom, sedangkan elektron bergerak di sekitar inti atom. Elektron inilah yang memiliki kaitan erat dengan fenomena kelistrikan pada suatu benda. Bagaimana interaksi antarmuatan listrik pada suatu benda? Kejadian apa sajakah dalam kehidupan sehari-hari yang menggambarkan adanya gejala interaksi antara muatan listrik? Agar lebih memahami muatan listrik dalam kehidupan sehari-hari, ayo lakukan aktivitas berikut!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 4.1 Gejala Listrik Statis

Apa yang kamu perlukan?

1. 2 buah sisir plastik atau penggaris plastik yang masih baru
2. 2 buah kaca atau gelas kaca
3. 2 utas tali/benang sepanjang 30 cm
4. 2 buah statif
5. Rambut kering

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Gantunglah dua sisir atau penggaris plastik pada dua statif dengan menggunakan tali. Atur jarak kedua sisir kurang lebih 5 cm. Perhatikan Gambar 4.1!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 4.1 Dua Sisir Bermuatan yang Digantung

2. Gosokkan dua sisir atau penggaris plastik tersebut ke rambut kering, kemudian biarkan keduanya tergantung bebas. Amati dan catat peristiwa yang terjadi pada kedua sisir!
3. Lakukan langkah 1 dan 2 dengan menggunakan batang kaca atau gelas kaca.
4. Gantunglah satu sisir plastik dan satu kaca masing-masing pada statif!
5. Gosokkan sisir dan batang kaca pada rambut kering, kemudian biarkan sisir dan batang kaca tergantung bebas. Amati dan catat peristiwa yang terjadi pada sisir dan batang kaca!

Saat melakukan percobaan dengan menggunakan batang kaca, pastikan bagian ujung dan pinggirnya tidak tajam sehingga tidak melukai tanganmu. Kamu dapat mengganti batang kaca dengan gelas kaca agar aman.

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Bandingkan hasil pengamatan kegiatan 1-2 terhadap kegiatan 3! Mengapa hal tersebut terjadi?
2. Bandingkan hasil pengamatan kegiatan 5 dengan hasil kegiatan nomor 1. Jelaskan mengapa hal tersebut terjadi?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Setelah melakukan Aktivitas 4.1, dapatkah kamu menjelaskan mengapa hal tersebut terjadi? Hal tersebut terjadi karena ada kaitannya dengan elektron. Elektron adalah partikel penyusun atom yang bermuatan negatif yang mengelilingi inti atom. Benda yang kelebihan elektron disebut benda bermuatan negatif, sedangkan benda yang kekurangan elektron disebut benda bermuatan positif. Jika benda bermuatan positif didekatkan dengan benda bermuatan negatif, akan tarik menarik. Sebaliknya, jika benda bermuatan positif didekatkan dengan benda bermuatan positif, atau benda bermuatan negatif didekatkan dengan benda bermuatan negatif, akan tolak menolak. Interaksi kedua muatan tersebut merupakan **gejala listrik statis.**

Pada umumnya jumlah elektron dan proton pada atom sebuah benda adalah sama, sehingga atom-atom pada benda tersebut tidak bermuatan atau netral. Jika benda tersebut netral, dapatkah sebuah benda diubah menjadi bermuatan? Bagaimana caranya?

Salah satu cara untuk mengubah benda menjadi bermuatan adalah dengan menggosokkan benda. Sisir atau penggaris plastik yang digosokkan pada rambut kering akan bermuatan negatif karena sisir atau penggaris plastik mengalami kelebihan elektron (elektron dari rambut berpindah ke sisir atau penggaris plastik). Sementara itu, kaca yang digosokkan pada rambut kering akan bermuatan positif karena kaca mengalami kekurangan elektron (elektron dari kaca berpindah ke rambut yang kering).

Tahukah Kamu?

Tabel 4.1 menunjukkan urutan deret benda yang akan bermuatan negatif bila digosok dengan sembarang benda di atasnya dan akan bermuatan positif bila digosok dengan benda di bawahnya. Misalnya jika gelas digosokkan secara searah pada wol, maka gelas tersebut akan menjadi bermuatan positif dan wol akan menjadi bermuatan negatif. Deret semacam ini dinamakan **deret tribolistrik**.

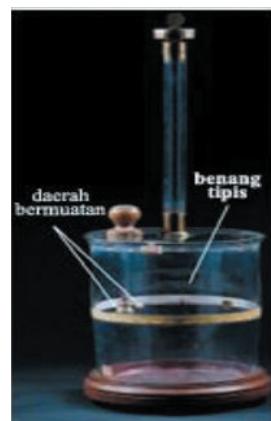
Tabel 4.1 Deret Tribolistrik

No	Nama Benda	No	Nama Benda
1	Bulu kelinci	8	Kayu
2	Gelas (kaca)	9	Batu ambar
3	Mika (plastik)	10	Damar
4	Wol	11	Logam (Cu, Ni, Ag)
5	Bulu kucing	12	Belerang
6	Sutera	13	Logam (Pt, Au)
7	Kapas	14	Solenoid

Ayo, Kita Cari Tahu

Bagaimana cara mengetahui suatu benda bermuatan atau tidak? Salah satu cara untuk mengetahui muatan listrik pada benda adalah dengan menggunakan **elektroskop**. Perhatikan Gambar 4.2! Elektroskop memiliki tiga bagian utama, yaitu kepala elektroskop, daun elektroskop yang terbuat dari lempeng emas atau aluminium, dan logam penghantar atau konduktor yang menghubungkan kepala elektroskop dengan daun elektroskop. Daun elektroskop akan membuka apabila kepala elektroskop didekatkan dengan benda yang bermuatan listrik.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 4.2
Elektroskop Sederhana

Agar dapat mengetahui jenis muatan listrik pada benda, maka elektroskop yang digunakan harus sudah bermuatan dan jenisnya telah diketahui. Jika lempeng daun elektroskop semakin membuka lebar, maka jenis muatan pada benda sama dengan jenis muatan pada elektroskop.

Sekarang, buatlah elektroskop dengan menggunakan alat dan bahan sederhana, seperti dari kertas aluminium serta botol minuman kemasan plastik. Diskusikan dengan teman kelompokmu tentang cara kerja elektroskop! Carilah informasi dengan bertanya kepada guru atau membaca berbagai buku untuk melengkapi tugasmu!

2. Hukum Coulomb

Masih ingatkah kamu bahwa muatan listrik dapat saling menarik atau saling menolak? Bagaimana hubungan antara jarak dua benda yang bermuatan listrik terhadap gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik antar kedua benda? Ilmuwan Prancis, Charles Augustin Coulomb (1736 – 1806), menyelidiki hubungan gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik dua benda bermuatan listrik terhadap besar muatan listrik dan jaraknya menggunakan alat neraca puntir Coulomb seperti pada Gambar 4.3. Pada materi ini kamu tidak perlu melakukan penyelidikan tersebut dengan menggunakan neraca puntir, cukup lakukan Aktivitas 4.2 berikut dengan penuh semangat.

Sumber : Zitzewitz, 2005.
Gambar 4.3 Set Percobaan Coulomb

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 4.2 Bagaimana Interaksi Dua Benda Bermuatan terhadap Jaraknya?

Apa yang kamu perlukan?

1. 1 buah penggaris
2. 1 buah statif

3. 2 buah balon yang sudah ditiup
4. Benang
5. Kain wol (dapat diganti dengan rambut yang kering)

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Gosokkan kedua balon tersebut pada kain wol atau rambut yang kering selama 30 sekon.
2. Gantung kedua balon dengan menggunakan tali sepanjang 50 cm pada masing-masing statif yang diletakkan secara berjauhan sehingga kedua balon terpisah pada jarak ± 25 cm, seperti pada Gambar 4.4! Amati interaksi yang terjadi!

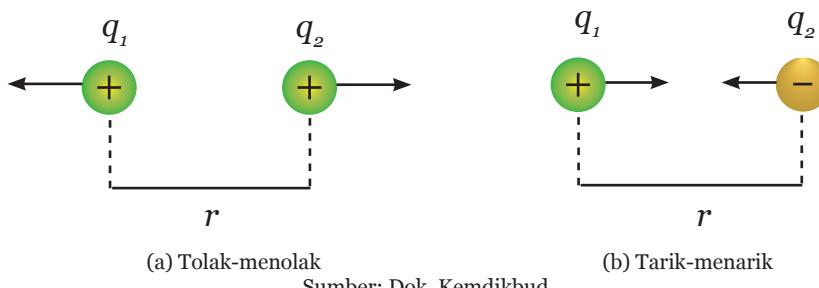
Sumber : Dok. Kemdikbud

Gambar 4.4 Set Percobaan Interaksi Dua Benda Bermuatan

3. Ulangi langkah pertama dan kedua. Buat variasi lamanya waktu untuk menggosok balon, misalnya dengan menggosokkan balon ke kain wol atau rambut yang kering selama 60 sekon.
4. Ulangi langkah pertama hingga ketiga, namun dengan memisahkan kedua balon sedikit lebih dekat, misalnya 15 cm.

Tabel 4.2 Data Pengamatan Kuat Interaksi Kedua Balon terhadap Lamanya Waktu Menggosok dan Jarak Kedua Muatan

No	Lamanya Waktu Menggosok Balon dengan Kain Wol atau Rambut yang Kering (sekon)	Jarak Kedua Balon (cm)	Kuat Interaksi Kedua Balon
1	30	a) 25	
		b) 15	
2	60	a) 25	
		b) 15	

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Bagaimana interaksi kedua balon dengan adanya perubahan jarak? Apakah jarak memengaruhi besarnya gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik kedua balon? (Bandingkan hasil pengamatan nomor 1a dengan 1b atau nomor 2a dengan 2b)
2. Bagaimana interaksi kedua balon dengan adanya perubahan lamanya waktu menggosok? Apakah besar muatan memengaruhi besar gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik kedua balon? (Bandingkan hasil pengamatan nomor 1a dengan 2a atau nomor 1b dengan 2b)

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Bagaimana hubungan antara gaya tarik menarik atau tolak menolak dengan jarak dan besar tiap-tiap muatan?

Sejenis seperti hasil percobaan pada Aktivitas 4.2, berdasarkan percobaan dengan menggunakan neraca puntir, Coulomb menyimpulkan interaksi dua benda yang bermuatan sebagai berikut.

a. Semakin besar jarak kedua benda yang bermuatan, semakin kecil gaya listrik antara benda tersebut dan sebaliknya.

b. Semakin besar muatan kedua benda, semakin besar gaya listrik antara benda tersebut.

(a) Tolak-menolak (b) Tarik-menarik

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 4.5 Gaya Coulomb pada Muatan Listrik

Secara matematis, rumusan gaya Coulomb (F_c) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$F_c = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

dengan:

F_c = gaya Coulomb (newton)

k = konstanta = 9×10^9 Nm²/C²

r = jarak antara dua muatan (meter)
q_1 = besar muatan listrik benda pertama (coulomb)
q_2 = besar muatan listrik benda kedua (coulomb)

Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal

1. Dua buah muatan listrik positif yang ada di dalam membran sel saraf masing-masing sebesar q dan $2q$ terletak pada jarak 2 cm. Hitung berapakah gaya Coulomb yang dialami kedua muatan tersebut jika $q = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C !
   (Besarnya konstanta (k) = 9×10^9 Nm²/C²)

   Diketahui:
   Muatan 1 (q_1) = $+q$ = $1{,}6 \times 10^{-19}$ C
   Muatan 2 (q_2) = $+2q$ = $3{,}2 \times 10^{-19}$ C
   Jarak kedua muatan (r) = 2 cm = 2×10^{-2} m

   Ditanya: gaya Coulomb kedua muatan.

   Jawab:
   $$F_c = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$
   $$F = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times \frac{(1{,}6 \times 10^{-19}\text{ C}) \times (3{,}2 \times 10^{-19}\text{ C})}{(2 \times 10^{-2}\text{ m})^2}$$
   $$F = 11{,}52 \times 10^{-25} \text{ Nm}^2\text{C}^2/\text{C}^2\text{m}^2$$
   $$F = 1{,}152 \times 10^{-24} \text{ N}$$
   Jadi besar gaya Coulomb yang dialami muatan positif q dan $2q$ yang terpisah pada jarak 2 cm adalah $1{,}152 \times 10^{-24}$ N.

2. Jika besar gaya Coulomb antara dua muatan identik A dan B adalah 1,6 N, serta kedua muatan tersebut terpisah pada jarak 3 cm, berapakah besar muatan A dan B?

   Diketahui:
   Gaya Coulomb kedua muatan = 1,6 N
   Jarak kedua muatan = 3 cm = 0,03 m

   Ditanya: besar muatan A dan B

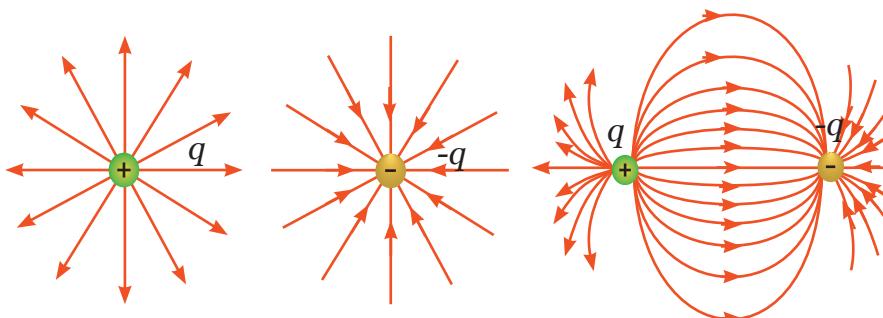
Jawab:

Muatan A dan B identik sehingga $q_A = q_B = q_C$

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

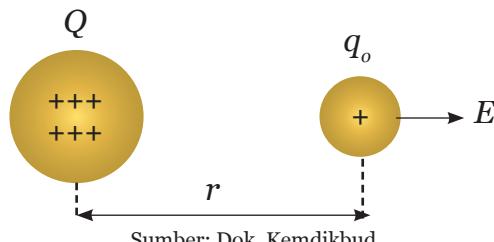
$$1{,}6 = 9 \times 10^9\ \text{Nm}^2/\text{C}^2 \times \frac{q^2}{(3 \times 10^{-2}\ \text{m})^2}$$

$$q^2 = \frac{1{,}6 \times 9 \times 10^{-4}}{9 \times 10^9}$$

$$q = \sqrt{1{,}6 \times 10^{-13}} = \sqrt{16 \times 10^{-14}}$$

$$q = 4 \times 10^{-7}\ \text{C} = 0{,}4\ \mu\text{C}$$

Jadi, besar muatan identik A dan B adalah 0,4 μC.

3. Medan Listrik

Di sekitar muatan-muatan listrik ada medan listrik, yang dapat memengaruhi muatan lain yang berada tidak jauh darinya. **Medan listrik** merupakan daerah di sekitar muatan yang dapat menimbulkan gaya listrik terhadap muatan lain.

Medan listrik dapat digambarkan oleh serangkaian garis gaya listrik yang arahnya ke luar atau ke dalam muatan. Arah garis gaya listrik ke dalam digunakan untuk menunjukkan muatan negatif dan arah garis medan listrik ke luar digunakan untuk menunjukkan muatan positif. Perhatikan Gambar 4.6!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 4.6 Garis Medan Listrik Dua Muatan

Bagaimana cara menentukan besar kuat medan listrik? Agar dapat memahami cara menentukan besarnya medan listrik (E) perhatikan Gambar 4.7 dan penjelasan berikut.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 4.7 Muatan Q Didekati Muatan q_o

Agar dapat mengetahui besar kuat medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan Q, sebuah muatan uji (q_o) yang muatannya jauh lebih kecil diletakkan di dekat muatan tersebut dengan jarak r. Berdasarkan hukum Coulomb, muatan q_o tersebut akan memperoleh gaya tolak dari muatan Q sebesar,

$$F = k \cdot \frac{Q \cdot q_o}{r^2}$$

Kuat medan listrik (E) didefinisikan sebagai besarnya gaya listrik (F) yang bekerja pada satu satuan muatan uji (q_o), maka besarnya kuat medan listrik pada tempat muatan uji tersebut adalah:

$$E = \frac{F}{q_o}$$

$$E = \frac{k \cdot \frac{Q \cdot q_o}{r^2}}{q_o}$$

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Dapat disimpulkan bahwa besar kuat medan listrik pada suatu titik yang berjarak r dari muatan Q adalah:

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$

dengan:
E = medan listrik (N/C)
F = gaya Coulomb (newton)
Q = besar muatan listrik (coulomb)

Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal

1. Gaya Coulomb yang dialami kedua muatan A dan B adalah sebesar 4×10^{-4} N. Jika besar muatan A sebesar 4×10^{-6} C dan muatan uji B sebesar 4×10^{-12} C, berapakah besar kuat medan listrik yang dirasakan muatan uji B oleh muatan A tersebut?

   Diketahui:
   Besar gaya Coulomb = 4×10^{-4} N
   Besar muatan A = 4×10^{-6} C
   Besar muatan B = 4×10^{-12} C

   Ditanya: besar kuat medan listrik yang dirasakan muatan uji B oleh muatan A (E_A)

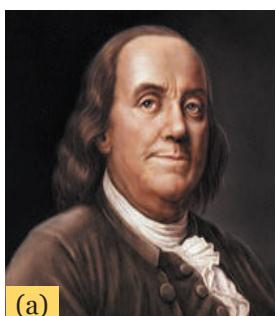
   Jawab:
   $$E = \frac{F}{q_B} = \frac{4 \times 10^{-4}\,\text{N}}{4 \times 10^{-12}\,\text{C}} = 10^{8}\ \text{N/C}$$
   Jadi, besar kuat medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan A adalah 10^8 N/C.

2. Medan listrik yang dirasakan oleh muatan uji A terhadap muatan B sebesar 80 $^{\text{N}}/_{\text{C}}$. Jika jarak kedua muatan tersebut adalah 3 cm, berapakah besar muatan B?

   Diketahui:
   Medan listrik = 80 N/C
   Jarak kedua muatan = 3 cm = 0,03 m

   Ditanya: besar muatan B

   Jawab:
   $$E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$
   $$80\ \text{N/C} = 9 \times 10^{9}\ \text{Nm}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{Q}{(3 \times 10^{-2}\text{m})^2}$$
   $$Q = 80\ \text{N/C} \cdot \frac{9 \times 10^{-4}\ \text{m}^2}{9 \times 10^{9}\ \text{Nm}^2/\text{C}^2}$$
   $$Q = 8 \times 10^{-12}\ \text{C}$$
   Jadi, besar muatan B adalah $Q = 8 \times 10^{-12}$ C.

Ayo, Kita Selesaikan

Soal Latihan Medan Listrik

1. Gaya Coulomb yang dialami kedua muatan A dan B adalah sebesar 3×10^{-4} N. Jika besar muatan A dan B masing-masing sebesar 2×10^{-6} C dan $1,5 \times 10^{-6}$ C, berapakah besar kuat medan listrik yang dirasakan muatan A oleh muatan B?
2. Pada percobaan dua buah balon bermuatan yang didekatkan, gaya tolak-menolak kedua balon akan semakin besar jika posisi kedua balon tersebut semakin didekatkan. Dapatkah kamu menunjukkan sketsa (gambar) peristiwa tersebut?

4. Beda Potensial dan Energi Listrik

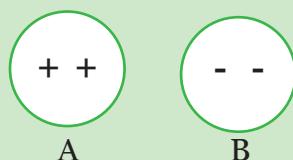
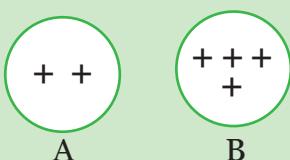
Tahukah kamu, mengapa petir berbahaya? Apa sebenarnya petir itu? Orang yang pertama kali menyatakan bahwa petir terjadi akibat adanya gejala listrik statis adalah Benjamin Franklin (1706 – 1790). Menurutnya, **petir** adalah kilatan cahaya yang muncul akibat perpindahan muatan negatif (elektron) antara awan dan awan atau antara awan dan bumi. Petir dapat terjadi karena adanya beda potensial yang sangat besar antara dua awan yang berbeda atau antara awan dengan bumi. Akibatnya akan terjadi lompatan muatan listrik atau perpindahan elektron secara besar-besaran dari awan ke awan atau dari awan ke bumi.

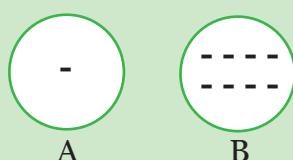
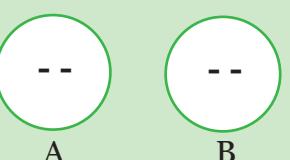
Sumber: (a) freedigitalpothos.net (b) hdw.datawallpaper.com

Gambar 4.8 (a) Benjamin Franklin , (b) Sambaran Petir pada Malam Hari

Besarnya beda potensial listrik dapat dihitung dengan membandingkan besar energi listrik yang diperlukan dengan jumlah muatan listrik yang dipindahkan, yaitu:

$$\Delta V = \frac{W}{Q}$$

dengan:
ΔV = beda potensial listrik (volt)
W = energi listrik (joule)
Q = muatan listrik (coulomb)

Ayo, Kita Diskusikan

Agar lebih memahami konsep beda potensial, diskusikan beberapa pertanyaan berikut!

1. Jika ada dua benda bermuatan listrik seperti empat gambar berikut, maka benda manakah yang memiliki beda potensial yang lebih besar?

a.
b.
c.
d.
2. Jika selisih potensial antara benda A dan B cukup besar, maka akan terjadi loncatan muatan listrik (elektron). Dari benda mana ke benda manakah loncatan elektron tersebut mengalir?
3. Apa yang terjadi apabila benda A dan B memiliki elektron yang sama? Apakah ada perpindahan elektron?

Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal

1. Berapakah beda potensial kutub-kutub baterai sebuah rangkaian jika baterai tersebut membutuhkan energi sebesar 60 J untuk memindahkan muatan sebesar 20 C?

   Diketahui:
   W = 60 J
   Q = 20 C

   Ditanya: beda potensial

   Jawab:
   $$V = \frac{W}{Q} = \frac{60\text{ J}}{20\text{ C}} = 3\text{ V}$$

   Jadi, beda potensial kutub-kutub baterai rangkaian tersebut adalah 3 Volt.

2. Sebuah baterai memiliki beda potensial sebesar 1,5 V. Berapakah besar energi yang diperlukan baterai jika digunakan untuk memindahkan muatan sebanyak 40 C?

   Diketahui:
   Beda potensial = 1,5 V
   Besar muatan = 40 C

   Ditanya: besar energi untuk memindahkan muatan

   Jawab:
   $W = V \times Q$ = 1,5 V × 40 C= 60 J

   Jadi, besar energi untuk memindahkan muatan tersebut sebesar 60 Joule.

Ayo, Kita Selesaikan

Soal Latihan Beda Potensial Listrik

1. Beda potensial antara dua titik pada kawat penghantar sebesar 9 V. Berapakah energi listrik yang digunakan untuk memindahkan muatan sebesar 30 C di antara dua titik tersebut?

2. Jumlah muatan yang dipindahkan pada sebuah rangkaian listrik adalah 15 C. Jika energi yang dibutuhkan untuk memindahkan muatan tersebut dari ujung-ujung rangkaian listrik adalah 45 J, berapakah beda potensial antara ujung-ujung rangkaian tersebut?

B. Penerapan Listrik Statis dalam Kehidupan Sehari-hari

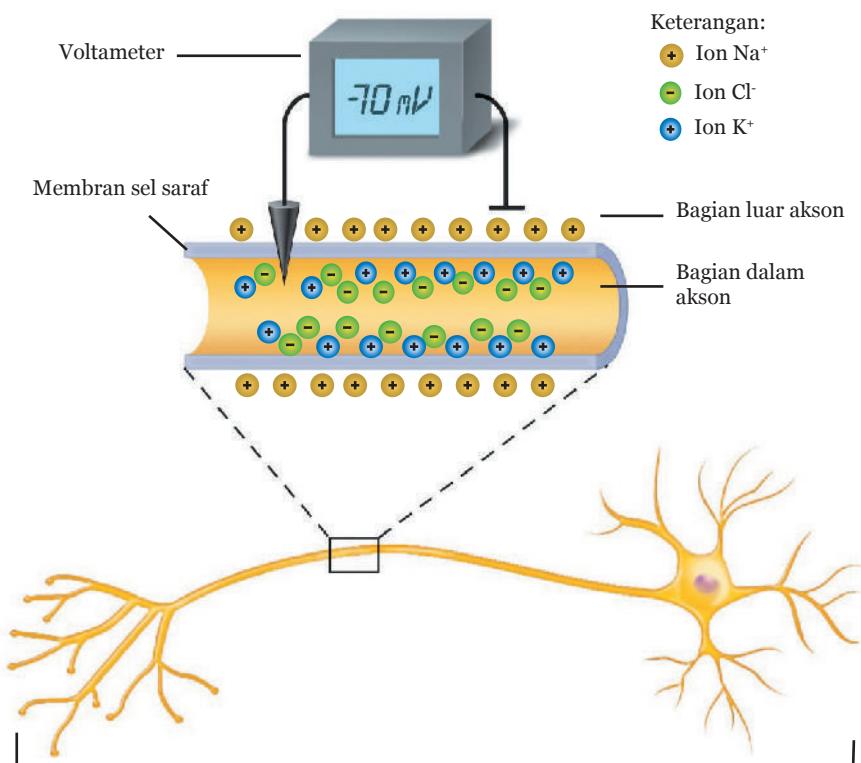
Ayo, Kita Pelajari

- Kelistrikan pada sistem saraf
- Hewan-hewan penghasil listrik
- Listrik statis dalam aplikasi teknologi

Istilah Penting

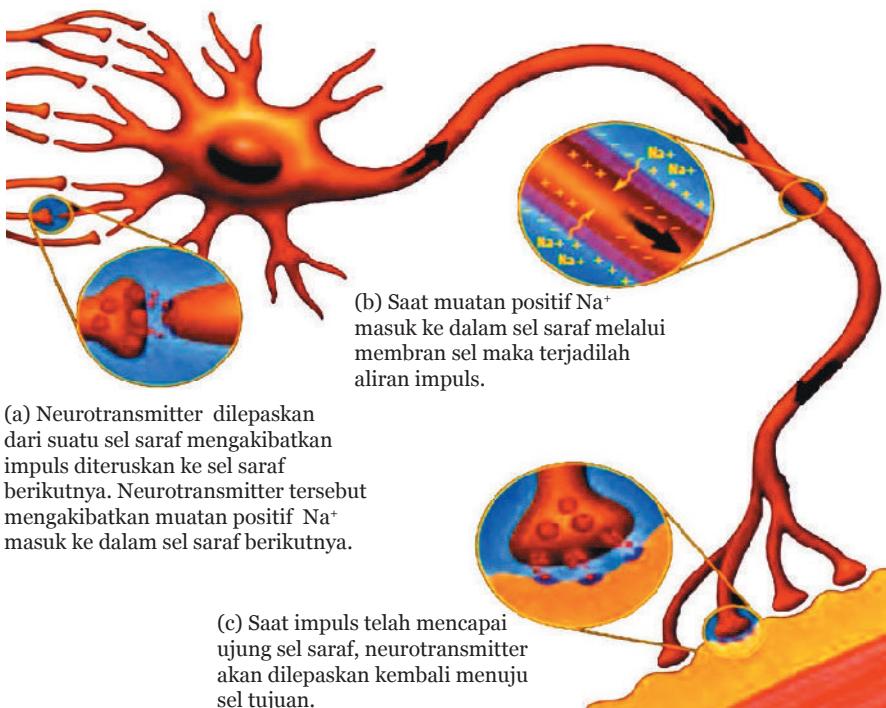
- Biolistrik
- Sel saraf
- Dendrit
- Akson
- Myelin

Mengapa Penting?

Setelah memahami bab ini, kamu akan dapat menjelaskan penerapan konsep listrik statis dalam kehidupan sehari-hari termasuk pada makhluk hidup dan teknologi.

1. Kelistrikan pada Sel Saraf

Tubuh kita dapat menunjukkan adanya gejala kelistrikan, khususnya pada saraf yang disebabkan adanya impuls (sinyal pada sel saraf). Tahukah kamu mengapa kita dapat merasakan sakit ketika dicubit? Ternyata, rasa sakit tersebut muncul karena kulit kita menerima rangsangan berupa cubitan. Rangsangan ini selanjutnya diubah oleh sel saraf dalam kulit menjadi impuls. Kajian yang khusus mempelajari tentang aliran impuls pada tubuh manusia disebut **biolistrik**.

Tegangan (beda potensial) pada tubuh berbeda dengan yang kita bayangkan seperti listrik rumah tangga. Kelistrikan pada tubuh hanya berkaitan dengan komposisi ion yang terdapat dalam tubuh, bukan listrik yang mengalir seperti pada kabel listrik di rumah-rumah.

Tahukah kamu, bagaimana cara sel saraf menghantarkan impuls? Perhatikan Gambar 4.9!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 4.9 Ilustrasi Muatan Listrik pada Sel Saraf

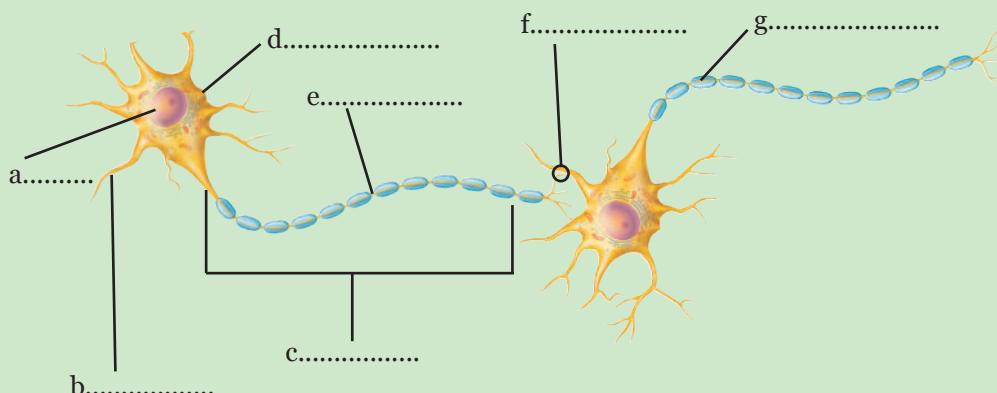
Sel saraf menghantarkan impuls karena terjadi pertukaran ion-ion di dalam dan di luar membran sel saraf. Pertukaran ion tersebut tidak dapat terjadi begitu saja tanpa adanya rangsangan. Rangsangan yang cukup kuat dapat mengaktifkan pompa ion, sehingga menyebabkan terjadinya pertukaran ion. Saat sel saraf tidak menghantarkan impuls, muatan positif Na^{+} melingkupi bagian luar membran sel. Pada kondisi demikian, membran sel saraf bagian luar bermuatan listrik positif dan membran sel bagian dalam bermuatan listrik negatif (Cl^{-}). Perhatikan Gambar 4.10!

Sumber: Biggs *et al.* 2008

Gambar 4. 10 Impuls Listrik pada Saraf Manusia

Setiap manusia memiliki sistem saraf yang dapat mengontrol seluruh aktivitas tubuh, contohnya gerak otot. Sistem saraf terdiri atas sel-sel saraf berfungsi untuk menerima, mengolah, dan mengirim rangsangan yang diterima panca indra. Setiap sel saraf terdiri atas tiga bagian, yaitu badan sel saraf, dendrit, dan akson atau neurit. Selain ketiga bagian tersebut, pada sel saraf juga terdapat selubung myelin. Berdasarkan ada dan tidaknya myelin, terdapat dua macam neuron, yaitu neuron yang berselubung myelin dan neuron yang tidak berselubung myelin.

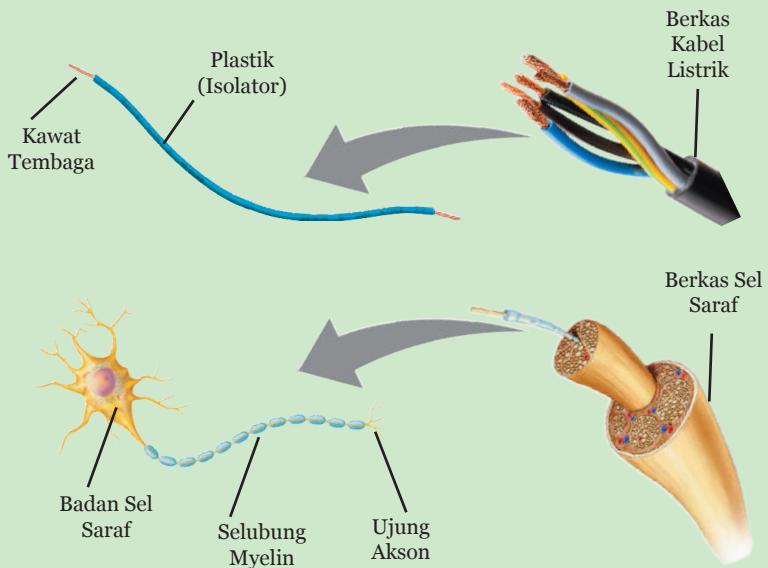
Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 4.3 Identifikasi Bagian Sel Saraf

Agar dapat mengetahui sel saraf lebih lanjut, bacalah dengan teliti Tabel 4.3, kemudian tunjukkan bagian-bagian sel saraf pada Gambar 4.11!

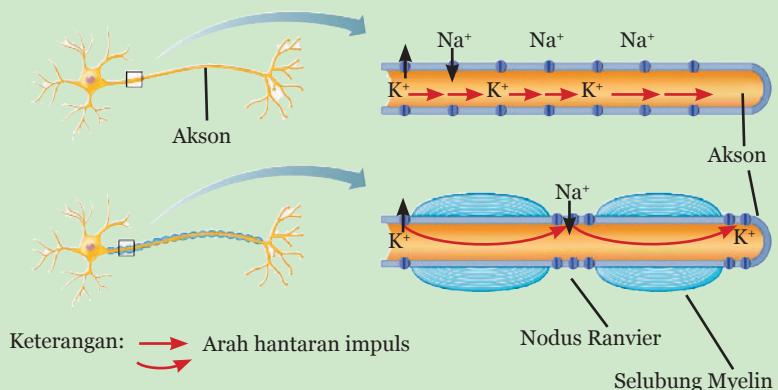
Tabel 4.3 Bagian Sel Saraf dan Fungsinya

No.	Bagian Sel Saraf	Deskripsi	Fungsi
1.	Dendrit	Penonjolan badan sel yang bercabang-cabang dan berbentuk seperti cabang pohon.	Menerima impuls dari sel lain dan meneruskannya ke badan sel.
2.	Badan sel	Di dalamnya terdapat inti sel yang dikelilingi oleh sitoplasma. Sitoplasma mengandung organela sel seperti mitokondria, ribosom, Badan Golgi dan retikulum endoplasma khusus milik sel saraf yang disebut badan Nissl.	Meneruskan impuls dari dendrit ke akson.
3.	Akson/ Neurit	Penonjolan badan sel berbentuk panjang dan silindris. Setiap satu sel saraf hanya memiliki satu akson. Ujung akhir akson disebut dengan terminal akson. Terminal ini memiliki beberapa percabangan dan berbonggol. Pada bonggol inilah akan dilepaskan neurotransmitter dan disebut sebagai bonggol sinaptik.	Meneruskan impuls dari badan sel saraf ke sel saraf lain atau ke sel otot atau ke sel kelenjar. Pada bonggol sinaptik terjadi proses sinapsis, yaitu komunikasi antara sel saraf satu dengan yang lain atau sel saraf dengan sel otot dan sel kelenjar menggunakan neurotransmitter.

No.	Bagian Sel Saraf	Deskripsi	Fungsi
4.	Myelin	Selubung lemak berlapis-lapis, dihasilkan oleh sel Schwann. Lapisan lemak myelin sulit ditembus oleh ion-ion yang keluar dan masuk membran sel saraf pada bagian akson.	Mempercepat impuls saraf dengan membantu terjadinya loncatan muatan.
5.	Nodus Ranvier	Daerah akson terbuka yang tidak diselubungi myelin.	Tempat terjadinya tarik-menarik muatan listrik di membran sel saraf.

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 4.11 Sel Saraf yang Bermyelin

Ayo, Kita Pahami

Sel saraf sering diibaratkan seperti kabel listrik karena memiliki bentuk dan mekanisme kerja yang hampir sama. Coba perhatikan Gambar 4.12! Setiap sel saraf memiliki satu akson yang mendukung terjadinya perambatan atau hantaran arus listrik. Selain akson, penghantar listrik lain di dalam tubuh makhluk hidup adalah cairan tubuh. Cairan tubuh dapat berupa darah, cairan jaringan dan sitosol yang terdapat dalam sitoplasma sel. Pada sel saraf juga terdapat isolator listrik, yaitu selubung myelin pada akson.

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 4.12 Berkas Sel Saraf dan Kabel Listrik

Pada akson tidak berselubung myelin, hantaran arus listrik dapat terjadi sepanjang akson. Pada akson berselubung myelin, beda potensial terjadi di daerah akson yang tidak diselubungi myelin atau di daerah yang disebut **nodus Ranvier**. Tarik menarik muatan listrik terjadi di nodus Ranvier satu dan seterusnya.

Dengan demikian, selain berfungsi sebagai pelindung akson, myelin juga dapat mempercepat terjadinya loncatan muatan listrik pada saraf.

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 4.13 Pergerakan Impuls pada Akson Tidak Bermyelin (atas) dan Akson Bermyelin (bawah)

2. Hewan-Hewan Penghasil Listrik

Seperti manusia, hewan juga menghasilkan listrik sebagai impuls rangsang dalam tubuhnya untuk menanggapi rangsangan, bergerak, berburu mangsa, melawan predator, atau bahkan navigasi. Pada umumnya arus listrik yang dihasilkan sangat lemah, tetapi ada beberapa hewan yang dianugerahi keistimewaan oleh Tuhan Yang Maha Esa sehingga mampu menghasilkan arus listrik yang sangat kuat. Hewan apa sajakah yang mampu menghasilkan arus listrik yang kuat? Bacalah informasi berikut dengan teliti.

a. Ikan Belalai Gajah

Ikan belalai gajah (Gambar 4.14) memiliki mulut yang panjang menyerupai bentuk belalai gajah. Ikan ini dilengkapi dengan organ khusus, yang disusun oleh ribuan sel *electroplax* pada bagian ekor yang mampu menghasilkan listrik statis bertegangan tinggi. Sel *electroplax* merupakan sel yang menghasilkan muatan negatif pada bagian dalam dan muatan positif pada bagian luar saat ikan belalai gajah dalam keadaan beristirahat. Arus listrik akan muncul pada saat otot ikan berkontraksi dan pada saat yang bersamaan ikan mampu mendeteksi keberadaan predator dan mangsa.

Sumber: apakabardunia.com

Gambar 4.14
Ikan Belalai Gajah

b. Ikan Pari Listrik

Ikan pari listrik (Gambar 4.15) mampu mengendalikan tegangan listrik yang ada pada tubuhnya. Kedua sisi kepala ikan pari listrik mampu menghasilkan listrik hingga sebesar 220 volt. Besar tegangan ini sama seperti besar tegangan listrik yang ada di rumah.

Sumber: apakabardunia.com

Gambar 4.15
Ikan Pari Listrik

c. Hiu Kepala Martil

Hiu kepala martil (Gambar 4.16) memiliki ratusan ribu elektroreseptor atau sel penerima rangsang listrik. Hiu kepala martil mampu menerima sinyal listrik hingga setengah miliar volt. Hiu kepala martil biasa menggunakan kemampuan mendeteksi sinyal listrik untuk mengetahui letak mangsa di bawah pasir, menghindari keberadaan predator, dan untuk mendeteksi arus laut yang bergerak sesuai medan magnet bumi.

Sumber: apakabardunia.com

Gambar 4.16
Hiu Kepala Martil

d. Echidna

Echidna (Gambar 4.17) memiliki moncong memanjang yang berfungsi sebagai pengirim sinyal-sinyal listrik untuk menemukan serangga (mangsa). Elektroreseptor echidna terus menerus dibasahi agar lebih mudah untuk menghantarkan listrik. Hal inilah yang menyebabkan kebanyakan hewan yang memiliki sistem elektroreseptor berasal dari perairan.

Sumber: apakabardunia.com

Gambar 4.17 Echidna

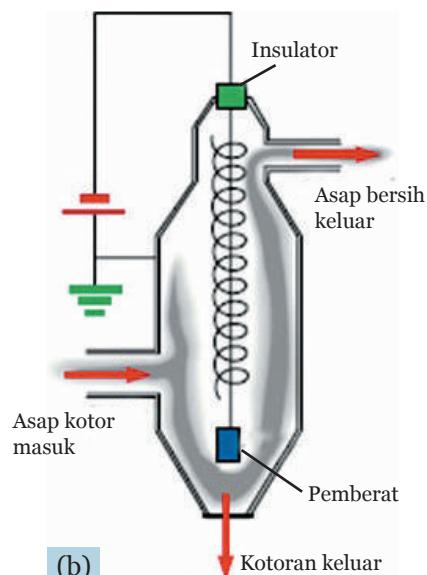
e. Belut Listrik

Penelitian menunjukkan bahwa belut listrik (Gambar 4.18) dapat menghasilkan kejutan tanpa lelah selama satu jam. Besarnya jumlah energi listrik yang dihasilkan diyakini dapat menyebabkan kematian pada manusia dewasa.

Sumber: apakabardunia.com

Gambar 4.18 Belut Listrik

f. Lele Listrik

Lele air tawar yang berasal dari perairan tropis di Afrika ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan listrik hingga sebesar 350 volt. Perhatikan Gambar 4.19! Besarnya energi yang dihasilkan lele listrik sama seperti energi listrik yang diperlukan untuk menyalakan komputer selama 45 menit.

Sumber: apakabardunia.com

Gambar 4.19 Lele Listrik

3. Penggunaan Listrik Statis dalam Teknologi

a. Pengendap Elektrostatis pada Cerobong Asap

Pengendap elektrostatis berfungsi untuk membersihkan gas buang yang keluar melalui cerobong asap agar tidak mengandung partikel-partikel kotor yang dapat mencemari udara. Komponen utama yang ada pada alat ini adalah kawat yang bermuatan negatif dan pelat logam yang bermuatan positif. Perhatikan Gambar 4.20!

Sumber: freedigitalphotos.net

Gambar 4.20 (a) Cerobong Asap dengan Pengendap Elektrostatis, (b) Skema Pengendap Elektrostatis

Pada saat asap kotor melewati kawat, beberapa partikel abu akan bermuatan negatif. Setelah itu, pelat logam yang bermuatan positif akan menarik partikel abu tersebut sehingga membentuk jelaga yang mudah dibersihkan.

b. Pengecatan Mobil

Butiran cat mobil akan bermuatan listrik ketika bergesekan dengan mulut pipa semprot dan udara. Butiran cat tersebut akan tertarik ke badan mobil apabila badan mobil diberi muatan yang berlawanan dengan muatan cat.

Sumber: freedigitalphotos.net
Gambar 4.21 Pengecatan Mobil

c. Mesin Fotokopi

Selain menerapkan konsep optik, mesin fotokopi juga menerapkan konsep listrik statis. Komponen utama pada mesin fotokopi yang menerapkan listrik statis adalah penggunaan *toner* atau tempat bubuk hitam halus. *Toner* sengaja dibuat bermuatan negatif sehingga mudah ditarik oleh kertas.

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 4.22 Mesin Fotokopi

Ayo, Kita Renungkan

Mahakuasa Tuhan yang telah menciptakan elektron. Adanya interaksi antarelektron, akan menyebabkan terjadinya gejala listrik statis. Karena adanya listrik ini, kita dapat melakukan berbagai aktivitas dengan lancar, baik pada siang hari maupun malam hari. Dengan adanya listrik ini pula, berbagai alat yang digunakan dalam bidang medis, industri, dan pendidikan dapat beroperasi dengan baik sehingga dapat membantu kinerja manusia.

Ternyata di dalam tubuh kita juga terdapat sel yang bermuatan listrik, masih ingatkah kamu apa nama sel itu? Selain itu, ternyata Tuhan juga telah menciptakan berbagai hewan yang dapat menghasilkan listrik sehingga hewan-hewan tersebut dapat menanggapi rangsang dengan baik, bergerak, berburu mangsa, melawan predator dan musuh, ataupun bernavigasi. Nah, masih ingatkah kamu hewan-hewan apa saja yang dapat menghasilkan listrik?

Dengan adanya kekuasaan dan nikmat Tuhan yang telah menciptakan dan merancang mekanisme kelistrikan ini, marilah

kita senantiasa bersyukur dengan cara memanfaatkan mekanisme kelistrikan dengan baik. Bagaimanakah denganmu? sudahkah kamu mensyukuri nikmat ini?

Tabel 4.4 Pernyataan untuk Refleksi
Terkait Listrik Statis dalam Kehidupan Sehari-hari

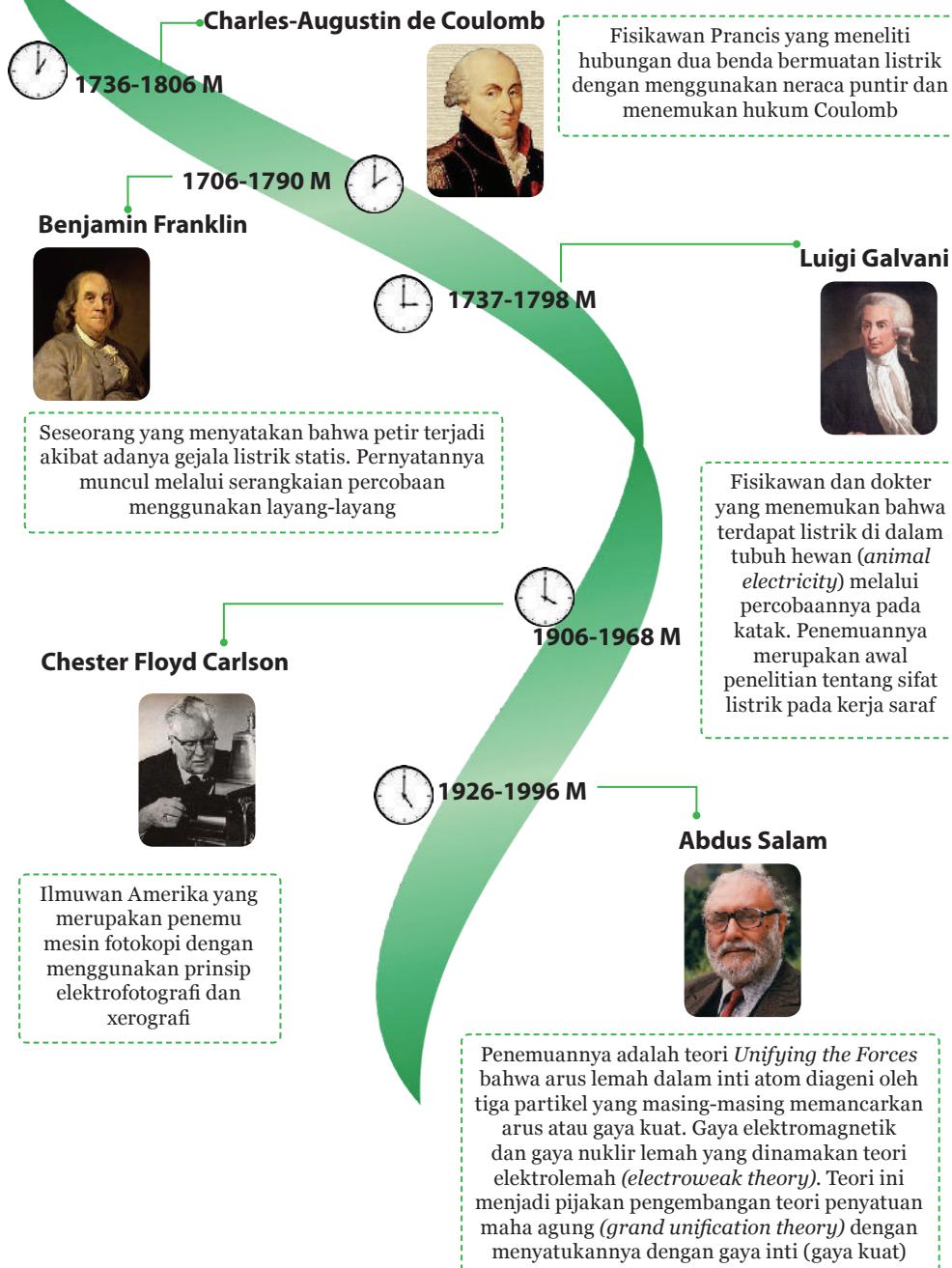
No	Pernyataan	Ya	Tidak
1.	Saya sangat bersyukur kepada Tuhan Yang Mahakuasa yang telah memberikan sel saraf yang membuat kita dapat menerima rangsangan melalui indra dan memberikan respon.		
2.	Saya setuju jika pada rumah-rumah dipasangi alat penangkal petir.		
3.	Saya bersedia untuk mematikan televisi saat di luar rumah terjadi kilat dan petir agar antena televisi di rumah tidak tersambar petir.		
4	Saya bersyukur kepada Tuhan Yang Mahakuasa karena telah memberikan manusia akal pikiran untuk dapat menciptakan alat pengendap elektrostatis pada cerobong asap sehingga kebersihan udara di lingkungan tetap terjaga.		
5	Saya akan belajar lebih giat lagi tentang listrik statis, agar dapat mengembangkan teknologi yang membutuhkan konsep terkait listrik statis.		
Total			

Coba kamu hitung, berapa total skormu dengan ketentuan:

- Jawaban ”ya” mendapat skor 2 (dua)
- Jawaban ”tidak” mendapat skor 0 (nol)

Bandingkan total skormu dengan kriteria berikut:

Skor 0 – 3 : berarti kamu memiliki sikap yang kurang baik dalam mempelajari materi listrik statis dalam kehidupan sehari-hari.

Skor 4 – 6 : berarti kamu memiliki sikap yang baik dalam materi listrik statis dalam kehidupan sehari-hari.

Skor 7 – 10 : berarti kamu memiliki sikap yang sangat baik dalam mempelajari materi listrik statis dalam kehidupan sehari-hari.

Untuk kamu yang memiliki sikap yang kurang baik, sebaiknya kamu terus berusaha untuk meningkatkan motivasimu dalam belajar.

Info Tokoh

Charles-Augustin de Coulomb

1736-1806 M

Fisikawan Prancis yang meneliti hubungan dua benda bermuatan listrik dengan menggunakan neraca puntir dan menemukan hukum Coulomb

1706-1790 M

Benjamin Franklin

Seseorang yang menyatakan bahwa petir terjadi akibat adanya gejala listrik statis. Pernyatannya muncul melalui serangkaian percobaan menggunakan layang-layang

1737-1798 M

Luigi Galvani

Fisikawan dan dokter yang menemukan bahwa terdapat listrik di dalam tubuh hewan (*animal electricity*) melalui percobaannya pada katak. Penemuannya merupakan awal penelitian tentang sifat listrik pada kerja saraf

1906-1968 M

Chester Floyd Carlson

Ilmuwan Amerika yang merupakan penemu mesin fotokopi dengan menggunakan prinsip elektrofotografi dan xerografi

1926-1996 M

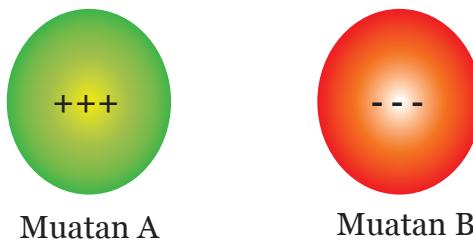
Abdus Salam

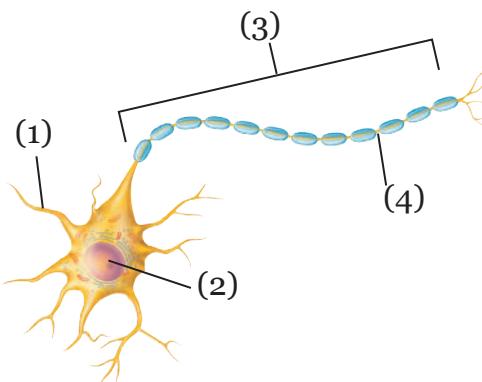
Penemuannya adalah teori *Unifying the Forces* bahwa arus lemah dalam inti atom diageni oleh tiga partikel yang masing-masing memancarkan arus atau gaya kuat. Gaya elektromagnetik dan gaya nuklir lemah yang dinamakan teori elektrolemah *(electroweak theory)*. Teori ini menjadi pijakan pengembangan teori penyatuan maha agung *(grand unification theory)* dengan menyatukannya dengan gaya inti (gaya kuat)

Rangkuman

1. Listrik statis terjadi akibat adanya perbedaan muatan listrik.
2. Muatan listrik terdiri dari muatan listrik positif dan negatif. Muatan listrik sejenis (positif dengan positif atau negatif dengan negatif) bersifat tolak-menolak. Muatan listrik yang berbeda (positif dengan negatif) bersifat tarik-menarik.
3. Besarnya gaya tolak atau gaya tarik kedua muatan listrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan hukum Coulomb.
4. Medan listrik merupakan daerah di sekitar muatan yang dapat menimbulkan gaya listrik terhadap muatan lain.
5. Potensial listrik merupakan usaha yang diperlukan untuk memindahkan elektron dari satu titik ke titik lainnya yang jauhnya tak terhingga (jarak tidak berpengaruh).
6. Beda potensial listrik dapat dihitung dengan membandingkan besar energi listrik yang diperlukan dengan jumlah muatan listrik yang dipindahkan.
7. Petir merupakan contoh beda potensial yang terdapat pada lingkungan. Beda potensial pada dua awan yang berbeda atau pada awan dan bumi dapat menyebabkan perpindahan elektron.
8. Kelistrikan pada tubuh berkaitan dengan komposisi ion yang terdapat pada sel saraf.
9. Sel saraf tersusun atas bagian dendrit, badan sel, inti sel, dan neurit atau akson.
10. Sel saraf dapat menghantarkan rangsang karena adanya muatan yang tarik menarik. Tarik-menarik muatan listrik pada saraf terjadi bila terdapat rangsangan dari neurotransmitter.
11. Muatan listrik pada sel saraf terdapat pada bagian akson atau neurit. Pada saat sel saraf tidak menghantarkan impuls, muatan listrik negatif terdapat di dalam sel saraf dan muatan listrik positif terdapat pada bagian luar sel saraf.
12. Hewan tertentu dapat menghasilkan listrik, misalnya ikan belalai gajah, ikan pari elektrik, hiu kepala martil, echidna, belut listrik, dan lele elektrik.
13. Teknologi listrik dimanfaatkan pada alat pengendap elektrostatis pada cerobong asap, pengecatan mobil, dan mesin fotokopi.

Bagan Konsep

Listrik Statis dalam Kehidupan Sehari-hari
mempelajari tentang
penerapan
Muatan Listrik
terdiri atas
Positif
Negatif
Hukum Coulomb
Medan Listrik
Beda Potensial
Listrik Statis dalam Kehidupan
contoh
Kelistrikan pada sel saraf
Hewan penghasil listrik
Teknologi listrik di lingkungan
contoh
Pengendap elektrostatis pada cerobong asap
Mesin pengecatan mobil
Mesin fotokopi

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!

1. Sebuah penggaris plastik yang digosokkan pada kain wol akan bermuatan ... karena ....
   A. negatif, muatan negatif dari kain wol berpindah ke plastik
   B. positif, muatan positif dari kain wol berpindah ke penggaris plastik
   C. positif, muatan negatif dari penggaris plastik berpindah ke kain wol
   D. negatif, muatan positif dari penggaris plastik berpindah ke kain wol
2. Muatan A tampak menolak muatan B tetapi menarik muatan C. Jika muatan C menolak muatan D positif, maka dapat dipastikan bahwa ....
   A. A bermuatan positif, B bermuatan positif, dan C bermuatan negatif
   B. A bermuatan negatif, B bermuatan negatif, dan C bermuatan positif
   C. A bermuatan positif, B bermuatan negatif, dan C bermuatan negatif
   D. A bermuatan negatif, B bermuatan positif, dan C bermuatan negatif
3. Fungsi elektroskop untuk ....
   A. mengetahui ada tidaknya muatan pada sebuah benda
   B. mengukur besar muatan pada sebuah benda
   C. menghasilkan muatan dalam jumlah yang besar
   D. mengetahui besar gaya Coulomb dua benda bermuatan
4. Dua buah muatan Q terpisah sejauh R memiliki gaya Coulomb sebesar F. Jika jarak kedua muatan diubah menjadi dua kali jarak mula-mula, maka besar gaya Coulomb yang dialami menjadi ....
   A. 4 F
   B. 2 F
   C. ½ F
   D. ¼ F

5. Gaya Coulomb yang dialami oleh muatan A dan B adalah 7×10^{-4} N. Jika besar muatan B adalah 2×10^{-6} C, maka besar kuat medan listrik yang dirasakan oleh muatan B adalah ....
A. 0,35 N/C
B. 3,5 N/C
C. 35 N/C
D. 350 N/C

6. Perhatikan gambar berikut!

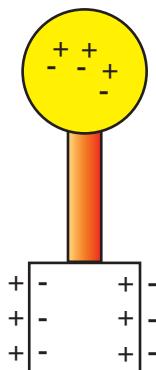
Muatan A

Muatan B

Berdasarkan gambar tersebut, pernyataan berikut yang benar adalah ....
A. muatan A memiliki potensial listrik yang lebih besar daripada muatan B
B. muatan A memiliki potensial listrik yang lebih kecil daripada muatan B
C. muatan A dan B memiliki potensial listrik yang sama
D. muatan A dan B tidak dapat dibandingkan besar potensial listriknya karena berbeda jenis muatan

7. Zat kimia yang berfungsi untuk menghantarkan rangsang listrik adalah ....
A. lipase
B. amilase
C. esterogen
D. neurotransmitter

8. Akson atau neurit berfungsi untuk ....
A. mempercepat jalannya impuls saraf
B. meneruskan impuls dari dendrit ke akson
C. meneruskan impuls dari badan sel saraf ke sel saraf lain
D. menerima impuls dari sel lain dan meneruskannya ke badan sel

9. Perhatikan gambar berikut!

Bagian pada sel saraf yang berfungsi sebagai tempat terjadinya tarik-menarik muatan listrik adalah ....
A. (1)
B. (2)
C. (3)
D. (4)

10. Berbagai hewan yang memiliki kemampuan menghasilkan muatan listrik umumnya memiliki sistem khusus pada tubuhnya yang disebut sebagai ....
A. elektrisitas
B. elektroplaks
C. elektroreseptor
D. neurotransmitter

B. Jawablah dengan benar pernyataan berikut!

1. Perhatikan ilustrasi sebuah elektroskop netral berikut.

Apabila elektroskop tersebut didekati oleh benda bermuatan negatif, apa yang akan terjadi?

2. Dua buah muatan masing-masing q_1 = 4 μC dan q_2 = 8 μC terpisah sejauh 60 cm. Tentukan besar gaya yang terjadi antara dua buah muatan tersebut, gunakan tetapan k = 9×10^9 Nm^2/C^2!
3. Gaya Coulomb yang dialami kedua muatan A dan B adalah sebesar 8×10^{-4} N. Jika besar muatan A dan B masing-masing sebesar 2×10^{-6} C dan 4×10^{-6} C, berapakah besar medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan A dan oleh muatan B?
4. Mengapa petir lebih sering menyambar pohon kelapa yang tinggi dibanding pohon mangga yang lebih pendek?
5. Mengapa kelistrikan pada sel saraf pada umumnya tidak dapat diukur dengan menggunakan amperemeter biasa?

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Menyelidiki Cara Kerja Mesin Fotokopi

- **Permasalahan**

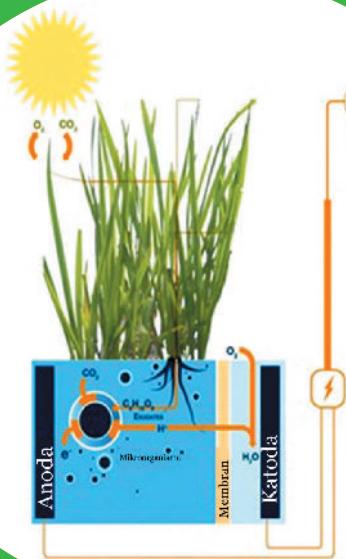
Listrik sudah menjadi penunjang utama kehidupan kita. Listrik digunakan untuk menyalakan lampu, televisi, mengisi baterai telepon genggam, dan bahkan untuk menanak nasi. Salah satu konsep listrik adalah listrik statis. Kamu sudah mempelajari tentang konsep listrik statis yaitu sifat kelistrikan yang dimiliki benda. Contoh benda yang menggunakan konsep listrik statis adalah mesin fotokopi. Cobalah kamu selidiki bagaimana cara kerja mesin fotokopi berdasarkan prinsip listrik statis!

- **Perencanaan**

Lakukan kegiatan ini dalam kelompok (3-5 orang per kelompok). Mintalah bimbingan kepada guru dan orang tuamu untuk mencari informasi tersebut.

- **Pelaksanaan**

Kamu dapat mencari informasi di buku atau sumber lainnya, serta menanyakannya kepada guru atau orang tuamu. Presentasikan hasil kerja kelompokmu di depan kelas.

- **Penilaian**

Penilaian dilakukan berdasarkan:

1. Produk berupa laporan tentang hasil penyelidikan cara kerja mesin fotokopi
2. Presentasi hasil penyelidikan cara kerja mesin fotokopi.

Listrik Dinamis dalam Kehidupan Sehari-hari

Sumber: Dok. Kemdikbud

Pernahkah kamu mendengar istilah ”listrik”? Apakah kamu juga pernah mendengar istilah ”teknologi”? Apakah kamu mengetahui apa yang dimaksud dengan listrik? Dari manakah asal listrik? Bagaimana penggunaan listrik dalam kehidupan sehari-hari? Agar kamu dapat mengetahui jawabannya, mari kita pelajari bab ini dengan penuh semangat!

Pada bab sebelumnya kamu telah mempelajari konsep lompatan elektron pada benda (listrik statis). Pada bab ini kamu akan belajar tentang aliran elektron pada suatu konduktor yang disebut sebagai listrik dinamis dan pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari. Listrik dinamis memiliki manfaat yang sangat besar dalam kehidupan kita.

Malam tidak terasa gelap dan mencekam lagi karena penemuan lampu listrik oleh Thomas Alfa Edison. Teknologi kelistrikan dapat berkembang pesat berkat temuan Oersted dan Faraday. Oleh karena itu, wajib bagi kita untuk bersyukur dan bijaksana dalam memanfaatkan teknologi kelistrikan yang kita nikmati sekarang. Bagaimana caranya? Salah satunya dengan memahami listrik dan mengupayakan berbagai penghematan energi listrik. Hal ini perlu kita lakukan agar terhindar dari bahaya penggunaan listrik.

A. Konsep Listrik Dinamis

Ayo, Kita Pelajari

- Arus listrik
- Rangkaian listrik
- Hukum Kirchhoff
- Sumber arus listrik
- Sumber-sumber energi listrik

Istilah Penting

- Rangkaian seri
- Rangkaian paralel
- Daya listrik
- Generator
- Dinamo
- Sumber listrik

Mengapa Penting?

Setelah mempelajari materi ini, kamu dapat memahami karakter rangkaian listrik, transmisi energi listrik, sumber-sumber energi listrik alternatif (termasuk bioenergi), serta berbagai upaya dalam menghemat energi listrik.

Jika kita perhatikan lampu atau peralatan elektronik lain yang menggunakan listrik, semua alat tersebut membutuhkan kabel sebagai penghubung aliran arus listrik. Dari manakah aliran arus listrik tersebut berasal? Apakah makhluk hidup dapat menghasilkan arus listrik sehingga dapat digunakan untuk menyalakan lampu?

Secara umum, aliran arus listrik bersumber dari pembangkit listrik. Pernahkah kamu berpikir bagaimana membuat atau menemukan sumber arus listrik? Ternyata, selain dihasilkan oleh pembangkit listrik seperti generator, arus listrik juga dapat dihasilkan oleh baterai, aki (*accu*), dan buah-buahan terutama buah-buahan yang mengandung

asam, misalnya jeruk. Mengapa jeruk dapat menjadi sumber arus listrik? Bagaimana dengan buah-buahan atau tumbuhan lainnya? Agar mengetahui jawabannya, pelajari materi berikut dengan penuh semangat!

1. Arus Listrik

Perhatikan lampu listrik di rumahmu atau di ruang kelasmu! Ketika kamu menyalakan lampu, tentunya kamu akan menekan sakelar yang terpasang di dinding. Jika satu sakelar ditekan, maka lampu akan menyala, tetapi mungkin lampu di ruangan lain tidak ikut menyala, atau ketika kamu menekan sakelar ternyata lampu-lampu di beberapa ruangan akan menyala bersamaan. Mengapa dapat terjadi demikian? Pernahkah kamu memikirkannya? Jika kamu pernah memikirkan dan mencoba mencari alasannya, maka kamu termasuk peserta didik yang kritis. Sekarang, lakukan kegiatan berikut untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tadi.

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 5.1 Menyalakan Lampu dengan Baterai

Apa yang kamu perlukan?

1. 2 buah kabel yang dilengkapi penjepit buaya
2. 1 buah baterai
3. 1 buah bola lampu

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Buatlah rangkaian untuk menyalakan lampu!
2. Gambarkan diagram yang dapat menyalakan lampu dan diagram yang tidak dapat menyalakan lampu!

Berhati-hatilah saat membuat rangkaian karena baterai akan menimbulkan efek panas saat dihubungkan dengan menggunakan kabel!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

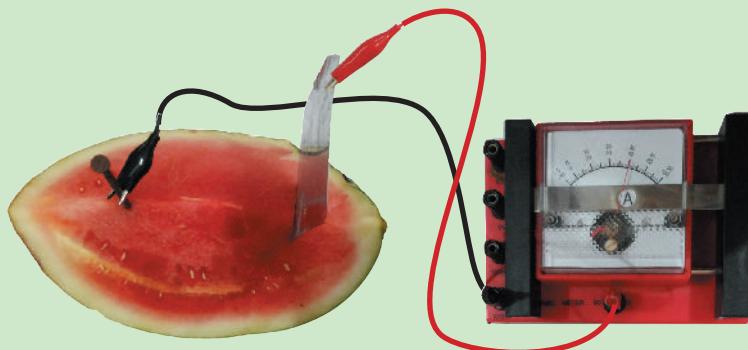
1. Bagaimanakah caramu untuk mengetahui adanya arus listrik yang mengalir dalam kabel?
2. Rangkaian listrik yang bagaimanakah yang dapat menyalakan lampu? Rangkaian listrik yang bagaimanakah yang tidak dapat menyalakan lampu?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 5.2 Baterai Buah

Apa yang kamu perlukan?

1. 1 lempeng seng
2. 1 lempeng tembaga
3. 1 buah penjepit buaya warna hitam dan 1 penjepit warna merah
4. 1 buah gunting
5. 1 buah pisau
6. 1 buah amperemeter
7. 1 buah sakelar
8. 1 buah semangka
9. 1 buah jeruk

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Tancapkan lempeng seng dan paku besi pada semangka! Lihat Gambar 5.1! Perhatikan sambungan kutub positif dengan kutub negatif baterai pada amperemeter agar arus yang terukur tidak bernilai negatif!
2. Hubungkan lempeng, sakelar, dan amperemeter dengan menggunakan kabel penjepit buaya.
3. Aturlah amperemeter dengan batas ukur arus paling kecil, kemudian hidupkan sakelar (*on*).
4. Bacalah kuat arus yang ditimbulkan!

5. Ulangi langkah 1-4 dengan menggunakan buah lainnya dengan menggunakan variasi jumlah sebanyak 3, 4, 5, 6, dst., disusun secara seri maupun paralel.
6. Catat hasil pengamatanmu dalam bentuk tabel!

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 5.1 Rangkaian Percobaan Baterai Buah Semangka

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Bandingkan hasil pengamatan besarnya kuat arus dengan jumlah buah yang digunakan. Bagaimanakah hubungan besarnya kuat arus dengan jumlah buah?
2. Bandingkan hasil pengamatan nyala lampu dengan jumlah buah yang digunakan! Bagaimanakah hubungan antara nyala lampu dengan jumlah buah?
3. Mengapa buah dapat digunakan untuk menyalakan lampu?
4. Apa fungsi pemberian lempeng seng dan paku besi pada percobaan baterai buah ini?

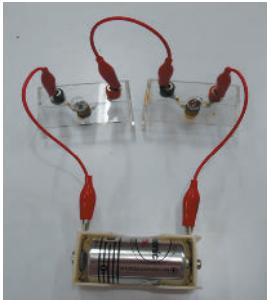
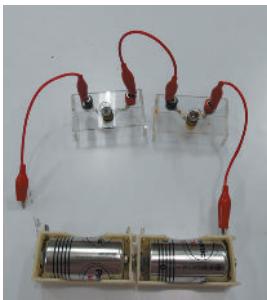
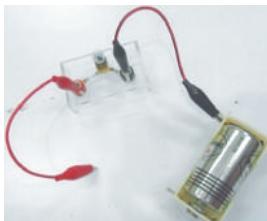
Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Catatan: untuk kegiatan ini, kamu dapat menggunakan buah-buahan yang ada di sekitarmu, kemudian bandingkan hasilnya!

Kegiatan yang kamu lakukan pada Aktivitas 5.1 dan 5.2 merupakan kegiatan membuat rangkaian sederhana. Buah dapat berperan sebagai sumber tegangan karena adanya penggunaan lempeng seng dan

lempeng besi yang berfungsi untuk menimbulkan beda potensial dalam buah. Lempeng seng berfungsi sebagai kutub negatif dan lempeng besi berfungsi sebagai kutub positif. Adanya beda potensial dalam buah inilah yang mendorong elektron untuk bergerak sehingga memicu aliran listrik dalam rangkaian.

Jika kamu perhatikan sambungan dari baterai, lampu dan kabel, atau sambungan dari semangka atau jeruk, lampu, dan kabel, ternyata sambungan tersebut terhubung satu sama lain sehingga rangkaian tersebut merupakan rangkaian tertutup. Dengan demikian, sebuah rangkaian listrik yang tertutup akan menghasilkan nyala lampu. Bagaimana jika rangkaiannya tidak terhubung satu sama lain? Disebut apakah rangkaian tersebut? Coba lakukan dan pikirkan kegiatan berikut.

Ayo, Kita Selesaikan

Manakah rangkaian listrik pada Tabel 5.1 yang merupakan jenis rangkaian listrik tertutup dan jenis rangkaian listrik terbuka? Jelaskan dan berikan alasanmu.

Tabel 5.1 Rangkaian Listrik Tertutup dan Listrik Terbuka

No	Gambar	Jenis Rangkaian	Penjelasan/ Alasan
1			
2			

No	Gambar	Jenis Rangkaian	Penjelasan/ Alasan
3			
4			
5			

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5.2 Berbagai Rangkaian Listrik

Apa yang perlu kamu diskusikan?

Jelaskan apa perbedaan dari rangkaian listrik tertutup dan terbuka?

Ketika kamu menghubungkan lampu dan sumber listrik dengan menggunakan kabel, artinya kamu telah membuat sebuah rangkaian listrik. Pada rangkaian listrik tertutup (sakelar tertutup atau posisi *on*), arus listrik akan mengalir dan lampu menyala. Bagaimanakah arah arus listrik tersebut? Berapakah besar arus listrik yang mengalir? Agar memahami arah aliran arus listrik dan mengetahui besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian, baca penjelasan berikut dengan saksama!

Arus listrik mengalir karena pada ujung-ujung rangkaian ada beda potensial listrik yang diberikan oleh baterai sebagai sumber tegangan seperti yang telah dijelaskan pada percobaan baterai buah. Ujung kawat penghantar yang memiliki banyak elektron (terhubung dengan kutub negatif baterai) dapat dikatakan memiliki potensial listrik yang rendah, sedangkan ujung kawat penghantar lainnya yang memiliki sedikit elektron (terhubung dengan kutub positif baterai) dapat dikatakan memiliki potensial listrik yang tinggi. Arus listrik mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah, sedangkan arah aliran elektron dari kutub negatif ke kutub positif.

Pada rangkaian listrik tertutup, besar arus listrik yang mengalir pada rangkaian dapat ditentukan dengan menghitung besar muatan listrik yang mengalir pada rangkaian setiap detiknya. Hal ini karena besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian tertutup sebanding dengan besarnya muatan listrik yang mengalir pada setiap detik, atau secara matematis besar arus listrik ditulis sebagai berikut.

$$I = \frac{q}{t}$$

dengan:
I = arus listrik (ampere)
q = muatan listrik (coulomb)
t = waktu (sekon)

Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal

Arus listrik sebesar 5 mA mengalir pada suatu kawat penghantar selama 0,1 sekon. Berapakah besar muatannya?

Diketahui:
I = 5 mA = 0,005 A
t = 0,1 sekon

Ditanyakan: besar muatan yang berpindah pada suatu kawat penghantar

Jawab:

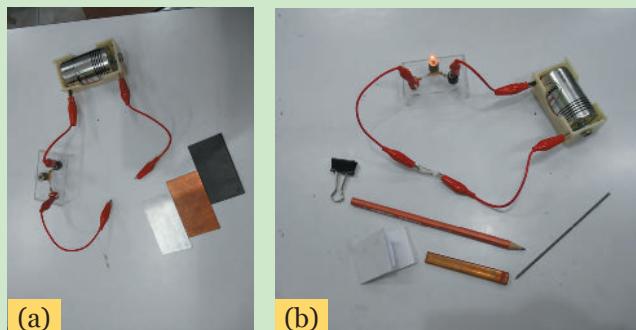
Besar muatan listrik,

$$I = \frac{q}{t}$$

$q = I \times t = 0{,}005 \text{ A} \times 0{,}1 \text{ s} = 5 \times 10^{-4} \text{ C}$

Jadi, besar muatan yang berpindah pada suatu kawat penghantar adalah 5×10^{-4} C.

2. Hantaran Listrik

Sering kita mendengar bahwa listrik dapat mengalir pada kabel. Apa yang mengalir dan bahan apa yang dapat mengalirkan listrik? Pernyataan bahwa listrik mengalir sebenarnya berkaitan dengan muatan yang berpindah, sebab perpindahan elektron pada bahan akan menghasilkan arus listrik yang arahnya berlawanan dengan arah perpindahan elektron tersebut. Bahan-bahan apakah yang dapat menghantarkan listrik dengan baik dan yang tidak dapat menghantarkan listrik? Agar mengetahui jawabannya, "Ayo, Kita Lakukan" kegiatan berikut!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 5.3 Mengidentifikasi Jenis Bahan Isolator dan Konduktor

Apa yang kamu perlukan?

1. 1 buah baterai
2. 3 buah kabel
3. 1 buah bola lampu kecil
4. 1 buah karet
5. 1 buah kunci
6. 1 buah pensil yang terbuat dari kayu
7. 30 cm kawat besi
8. 30 cm kawat timah
9. Penghapus pensil
10. Aluminium foil

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Susunlah alat dan bahan seperti Gambar 5.3.

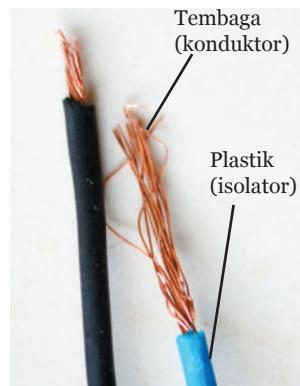
Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5.3 Rangkaian Listrik Percobaan, (a) Konduktor, (b) Isolator

2. Sambungkan bahan yang digunakan dengan menggunakan kabel yang dilengkapi penjepit buaya.
3. Amati nyala lampu yang terjadi. Catat hasil pengamatanmu dalam bentuk tabel.

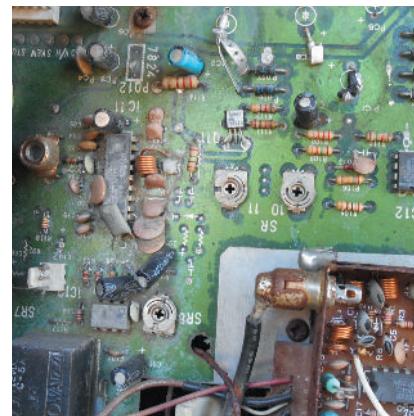
Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Apakah semua bahan dapat menghantarkan arus listrik?
2. Kelompokkan mana bahan yang termasuk konduktor dan isolator listrik!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Sering kita melihat orang menggunakan kabel untuk menghantarkan listrik dari suatu ujung kabel ke ujung lainnya. Mengapa menggunakan kabel? Kabel biasanya terdiri atas bahan tembaga atau perak di bagian dalamnya dan dilapisi bahan plastik atau karet di bagian luarnya. Mengapa demikian? Hal ini berkaitan dengan kemampuan bahan untuk menghantarkan listrik. Setiap bahan memiliki daya hantar listrik yang berbeda-beda. Tembaga dan perak merupakan bahan yang paling baik untuk menghantarkan listrik, sedangkan plastik dan karet merupakan bahan yang tidak dapat menghantarkan listrik. Apakah kamu sudah memahami mengapa logam perak atau tembaga pada kabel dilapisi plastik atau karet? Jika masih belum mengerti, pelajari materi berikut dengan teliti dan penuh semangat!

a. Konduktor Listrik

Mengapa kabel digunakan untuk mengalirkan arus listrik dari sumber listrik ke peralatan elektronik? Agar arus listrik dapat disalurkan dengan baik, maka dibutuhkan bahan yang mampu menghantarkan arus listrik dengan baik pula. Pada bahan ini, elektron dapat mengalir dengan mudah. Bahan-bahan yang dapat digunakan untuk menghantarkan listrik disebut dengan konduktor listrik. Contoh dari konduktor listrik adalah tembaga, perak, dan emas. Meskipun perak dan emas merupakan konduktor yang sangat baik, tetapi karena harganya yang sangat mahal, kabel rumah tangga biasanya menggunakan bahan dari tembaga.

Sumber: Dok.Kemdikbud

Gambar 5.4 Kabel Listrik dari Tembaga dengan Pelapis Plastik

b. Isolator Listrik

Mengapa kabel listrik perlu dilapisi dengan plastik atau karet? Pemberian plastik atau karet sebagai pelapis kabel bertujuan agar kabel lebih aman digunakan. Sifat plastik dan karet tidak dapat menghantarkan arus listrik sehingga kedua bahan tersebut masuk ke dalam kelompok bahan isolator. Bahan isolator ini adalah bahan yang sangat buruk untuk menghantarkan listrik karena di dalam bahan ini elektron sulit mengalir.

c. Semikonduktor Listrik

Bahan semikonduktor listrik adalah bahan-bahan yang jika berada pada suhu rendah bersifat sebagai isolator, sementara pada suhu tinggi bersifat sebagai konduktor. Contoh bahan semikonduktor listrik adalah karbon, silikon, dan germanium. Pada bidang elektronika, bahan semikonduktor digunakan untuk membuat transistor yang kemudian dirangkai menjadi *integrated circuit* (IC) seperti pada Gambar 5.5.

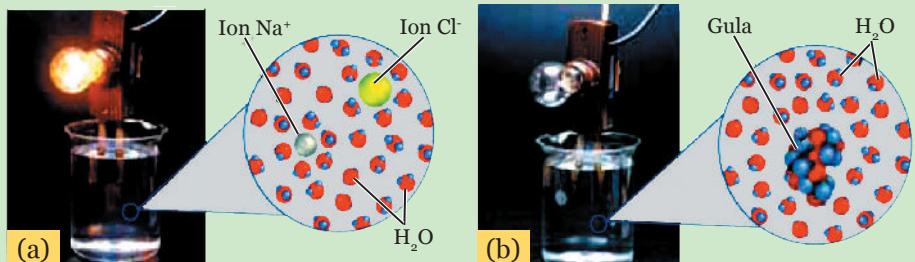
Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5.5 Beberapa Jenis Semikonduktor: Resistor, Diode, Transistor, dan IC

Tahukah Kamu?

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 5.6 Penangkal Petir

Petir dapat menimbulkan korban karena membawa energi yang sangat besar. Petir cenderung akan menyambar benda-benda yang tinggi seperti pohon, tiang bendera, dan bangunan-bangunan yang tinggi. Oleh sebab itu, pada konstruksi bangunan-bangunan tersebut selalu diberi penangkal petir yang dipasang di atap. Untuk menghindari terkena petir, sebaiknya kamu tidak bermain-main di luar saat hujan yang disertai petir. Tahukah kamu bagaimana sistem kerja penangkal petir?

Penangkal petir dibuat runcing dari bahan konduktor (logam) dipasang di atas sebuah bangunan atau gedung yang dihubungkan dengan kabel sampai ke tanah, kemudian kabel tersebut ditanam di dalam tanah dengan tujuan agar arus petir yang sangat besar dapat segera dinetralkan ke dalam tanah (*grounding*). Masih ingatkah kamu bagaimana sifat konduktor? Coba jelaskan alasan penggunaan bahan konduktor untuk membuat penangkal petir!

Ayo, Kita Selesaikan

Tidak hanya benda padat seperti tembaga dan perak, zat cair pun ada yang dapat menghantarkan arus listrik dan ada juga yang tidak dapat menghantarkan arus listrik, contohnya larutan garam dan larutan gula. Larutan garam merupakan salah satu jenis elektrolit karena dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan gula disebut sebagai nonelektrolit karena tidak dapat menghantarkan arus listrik.

Cobalah lakukan kegiatan menyalakan bola lampu dengan membuat larutan garam dan larutan gula terlebih dahulu. Kamu dapat menggunakan alat dan bahan sederhana seperti kabel yang

dilengkapi penjepit buaya dan amperemeter untuk mendeteksi ada tidaknya arus listrik yang mengalir. Perhatikan Gambar 5.7!

Sumber: Biggs, 2008

Gambar 5.7 Larutan Garam dan Larutan Gula

Bandingkan hasilnya antara lampu yang menggunakan larutan garam dan larutan gula. Selanjutnya, buatlah laporannya untuk dipajang di majalah dinding di sekolahmu!

Tahukah kamu? Setiap bahan memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghantarkan listrik. Kemampuan tersebut tergantung pada nilai hambatan jenis suatu benda atau bahan. Semakin kecil hambatan jenis suatu bahan, semakin baik kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan listrik. Tabel 5.2 menyajikan beberapa nilai hambatan jenis bahan.

Berdasarkan Tabel 5.2, coba pikirkan bahan apakah yang paling baik digunakan sebagai konduktor listrik? Mengapa?

Tabel 5.2 Hambatan Jenis Bahan

Bahan	Hambatan Jenis pada Suhu 20 °C (Ωm)
Konduktor	
Aluminium	$2,82 \times 10^{-8}$
Tembaga	$1,72 \times 10^{-8}$
Emas	$2,44 \times 10^{-8}$
Besi	$9,71 \times 10^{-8}$
Konstantan	49×10^{-8}
Nikrom	100×10^{-8}
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$
Perak	$1,59 \times 10^{-8}$
Tungsen	$5,65 \times 10^{-8}$
Semikonduktor	
Karbon (grafit)	$3,5 \times 10^{-5}$
Germanium (murni)	5×10^{-4}
Silikon (murni)	$6,4 \times 10^{2}$
Isolator	
Kaca	10^{10}-10^{14}
Kuarsa	$7,5 \times 10^{17}$

Sumber: Serway dkk., 2004

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 5.4 Percobaan Besar Hambatan Listrik pada Kawat Konduktor

Pada aktivitas ini kamu akan menyelidiki pengaruh panjang dan luas penampang kawat penghantar terhadap besar hambatannya.

Apa yang kamu perlukan?

1. 1 kawat penghantar dengan rincian pada Tabel 5.3!

Tabel 5.3 Rincian Kawat Penghantar

No	Jenis Kawat	Panjang Kawat (cm)	Diameter Kawat (mm)
A	Kawat tembaga atau kabel dengan konduktor tembaga	30	0,5
B		30	1
C		40	0,5
D		40	1
E	Kawat nikelin atau kabel dengan konduktor nikrom	30	0,5

2. 1 buah ohmmeter (multimeter).

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Hubungkan kawat A dengan multimeter/ohmmeter, kemudian ukur hambatan pada rangkaian dengan menggunakan multimeter/ohmmeter.
2. Ulangi percobaan di atas untuk mengukur kawat penghantar B, C, D, dan E. Catat hasil pengamatan kamu pada Tabel 5.4!

Tabel 5.4 Data Percobaan Hambatan Kawat

No	Jenis Kawat	Panjang Kawat (cm)	Diameter Kawat (mm)	Luas Penampang Kawat (m^2)	Besar Hambatan yang Terukur oleh Ohmmeter (Ω)
A	Tembaga	30	0,5		
B		30	1		
C		40	0,5		
D		40	1		
E	Nikrom	30	0,5		

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Buatlah grafik hubungan antara besar hambatan listrik dengan panjang kawat! Letakkan data panjang kawat pada sumbu x dan data besar hambatan listrik pada sumbu y (gunakan data A, B, C, dan D)!
2. Amati pada grafik, bagaimana hubungan antara besar hambatan listrik dengan panjang kawat?
3. Buatlah grafik hubungan antara besar hambatan listrik dengan luas penampang kawat! Letakkan data luas penampang kawat pada sumbu x dan data besar hambatan listrik pada sumbu y (gunakan data A, B, C, dan D)!
4. Amati pada grafik, bagaimana hubungan antara besar hambatan listrik dengan luas penampang kawat?
5. Berdasarkan jawaban nomor 2 dan 4, bagaimanakah hubungan antara panjang dan luas penampang kawat penghantar dengan besar hambatannya?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Besar hambatan setiap jenis kawat yang panjangnya satu satuan panjang per satu satuan luas penampang disebut hambatan jenis (ρ). Besar hambatan jenis berbeda-beda untuk setiap jenis kawat (lihat Tabel 5.2), sehingga dapat dituliskan:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

dengan:
R = hambatan kawat (Ω)
ρ = hambatan jenis kawat (Ωm)
L = panjang kawat (m)
A = luas penampang kawat (m^2)

Ayo, Kita Diskusikan

Menurut kamu, apakah hasil percobaan sesuai dengan persamaan tersebut? Jelaskan!

3. Rangkaian Listrik

Tahukah kamu mengapa ada sebuah sakelar yang dapat digunakan untuk menyalakan beberapa lampu sekaligus, tetapi ada juga sebuah sakelar yang hanya dapat digunakan untuk menyalakan sebuah lampu saja? Apa yang menyebabkan hal ini terjadi? Menyala atau tidaknya lampu listrik tergantung pada rangkaian listrik. Agar dapat menjawab permasalahan tersebut, lakukan kegiatan berikut dengan hati-hati!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 5.5 Rangkaian Lampu secara Seri dan Paralel

Apa yang kamu perlukan?

1. 6 utas kabel dengan penjepit buaya
2. 1 buah baterai
3. 2 buah lampu bohlam kecil

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Buatlah rangkaian listrik dengan susunan satu baterai sehingga dua lampu menyala terang! Gambarkan rangkaian yang kamu peroleh! Jika salah satu lampu dilepas, bagaimana dengan keadaan lampu yang lain? Disebut apakah rangkaian yang kamu peroleh tersebut?

2. Buatlah rangkaian listrik dengan susunan satu baterai sehingga dua lampu menyala redup! Gambarkan rangkaian yang kamu peroleh! Jika salah satu lampu dilepas, bagaimana dengan keadaan lampu yang lain? Disebut apakah rangkaian yang kamu peroleh tersebut?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 5.6 Rangkaian Baterai secara Seri dan Paralel

Apa yang kamu perlukan?

1. 1 lampu bohlam
2. 6 kabel dengan penjepit buaya
3. 3 baterai 1,5 volt dan dudukannya

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Buatlah rangkaian listrik dengan susunan satu baterai sehingga lampu menyala! Gambarkan rangkaian yang kamu peroleh!

2. Buatlah rangkaian listrik dengan susunan dua baterai sehingga lampu menyala! Lakukan susunan baterai dengan berbagai cara dan perhatikan nyala lampu! Gambarkan rangkaian yang kamu peroleh!

3. Buatlah rangkaian listrik dengan susunan tiga baterai sehingga lampu menyala! Lakukan susunan baterai dengan berbagai cara dan perhatikan nyala lampu! Gambarkan rangkaian yang kamu peroleh!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Jika dibandingkan dengan Aktivitas 5.5 pada rangkaian lampu, disebut apakah rangkaian baterai yang kamu temukan?
2. Bandingkan hasil pengamatan pada langkah 1, 2, dan 3! Bagaimanakah susunan baterai yang digunakan dan nyala lampu yang terjadi?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

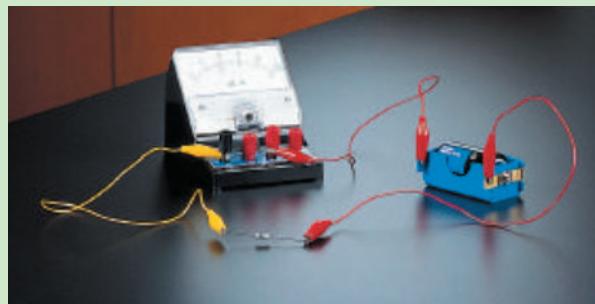
Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan Aktivitas 5.5 dan 5.6, apa yang kamu simpulkan tentang rangkaian seri dan paralel? Jika dilihat dari gambar rangkaiannya, seharusnya kamu sudah dapat menentukan mana yang rangkaian seri dan rangkaian paralel, baik untuk lampu maupun baterai.

Pada rangkaian listrik yang tidak memiliki percabangan kabel, rangkaian tersebut disebut **rangkaian seri**. Ketiadaan percabangan kabel pada rangkaian listrik seri mengakibatkan aliran listrik akan terputus jika salah satu ujung kabel terputus, sehingga arus tidak ada yang mengalir di dalam rangkaian dan seluruh lampu akan mati. Pada rangkaian listrik yang memiliki percabangan kabel, rangkaian tersebut disebut **rangkaian paralel**. Jika salah satu ujung kabel terputus, maka arus listrik akan tetap mengalir pada kabel lainnya yang masih terhubung dan beberapa lampu lainnya akan tetap menyala.

Sekarang, perhatikan lampu-lampu yang dipasang di rumahmu. Dapatkah kamu menentukan rangkaian apakah yang digunakan? Sekarang kamu sudah dapat menjelaskan mengapa jika kita menekan satu sakelar di salah satu kamar, maka lampu-lampu yang ada di kamar lainnya tidak ikut terpengaruh.

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 5.7 **Mengetahui Hubungan Antara Kuat Arus, Hambatan, dan Tegangan Listrik pada Suatu Rangkaian Listrik (Hukum Ohm)**

Apa yang kamu perlukan?

1. 4 buah baterai besar 1,5 volt dan dudukan baterai
2. 4 buah resistor dengan besar hambatan bervariasi
3. 1 buah amperemeter
4. 5 buah penjepit buaya

Apa yang kamu lakukan?

A. Menyelidiki hubungan besar arus listrik terhadap variasi besar hambatan pada resistor

1. Letakkan sebuah baterai pada dudukan baterai!
2. Buatlah rangkaian seri untuk baterai, resistor, dan amperemeter dengan menggunakan penjepit buaya seperti pada Gambar 5.8.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5.8 Rangkaian Percobaan Hubungan Antara Kuat Arus, Hambatan, dan Tegangan Listrik pada Suatu Rangkaian Listrik

3. Catat besar hambatan resistor dan besar kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian dengan melihat hasil pengukuran amperemeter pada Tabel 5.5!
4. Ulangi langkah 2 dan 3 untuk variasi resistor.

Tabel 5.5 Data Pengamatan Besar Hambatan dan Kuat Arus Listrik terhadap Tegangan

Tegangan (V)	Hambatan (Ω)	Kuat arus listrik (A)
1,5		
1,5		
1,5		
1,5		

B. Menyelidiki hubungan besar arus listrik terhadap variasi besar tegangan listrik

1. Susun rangkaian listrik tertutup seperti pada petunjuk kerja A langkah nomor 1 dan 2!
2. Catat besar tegangan baterai dan besar kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian dan masukkan hasil pengukuran amperemeter pada Tabel 5.6!
3. Tambahkan sebuah baterai pada dudukan baterai (2 baterai disusun secara seri), kemudian catat kembali besar tegangan baterai dan besar kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian dan masukkan hasil pengukuran amperemeter pada Tabel 5.6!
4. Tambahkan sebuah baterai pada dudukan baterai (3 baterai disusun secara seri), kemudian catat kembali besar tegangan baterai dan besar kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian dan masukkan hasil pengukuran amperemeter pada Tabel 5.6!

5. Tambahkan sebuah baterai pada dudukan baterai (4 baterai disusun secara seri), kemudian catat kembali besar tegangan baterai dan besar kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian dan masukkan hasil pengukuran amperemeter pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Data Pengamatan Hambatan terhadap Tegangan dan Kuat Arus

No	Hambatan (kΩ)	1 Baterai		2 Baterai		3 Baterai		4 Baterai	
		V (V)	*I* (μA)	*V* (V)	*I* (μA)	*V* (V)	*I* (μA)	*V* (V)	*I* (μA)
1	10								
2	10								
3	10								
4	10								

Keterangan:
V : Tegangan
I : Kuat arus listrik
R : Hambatan

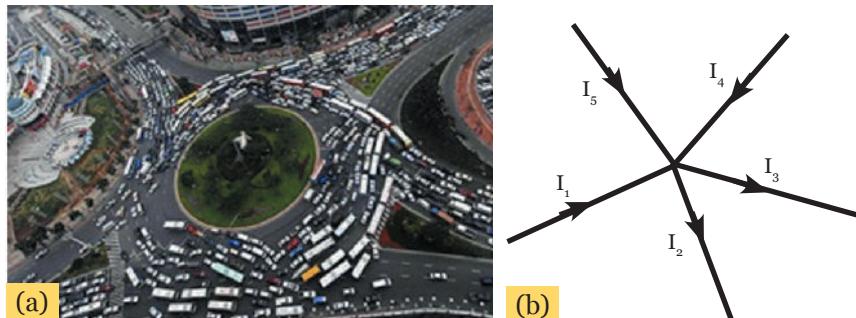
Apa yang kamu analisis?

1. Berdasarkan data pada Tabel 5.5, buatlah grafik hubungan antara kuat arus dengan besar hambatan listrik! Besar hambatan listrik pada sumbu x dan besar arus listrik pada sumbu y.
2. Berdasarkan data pada Tabel 5.6, buatlah grafik hubungan antara kuat arus dengan besar tegangan listrik! Besar tegangan listrik pada sumbu x dan besar arus listrik pada sumbu y.
3. Selain besar hambatan, berdasarkan percobaan A faktor apakah yang memengaruhi besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian? Bagaimana caranya agar arus listrik yang mengalir dalam rangkaian tersebut dapat diperbesar?
4. Selain banyaknya jumlah baterai yang digunakan, berdasarkan percobaan B faktor apakah yang memengaruhi besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian? Bagaimana caranya agar arus listrik yang mengalir dalam rangkaian tersebut dapat diperbesar?

Apa yang kamu diskusikan?

1. Perhatikan grafik nomor 1 yang telah kamu buat! Bagaimana hubungan antara besar hambatan dengan kuat arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian? Jelaskan!

2. Perhatikan grafik nomor 2 yang telah kamu buat! Bagaimana hubungan antara besar tegangan dengan kuat arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian? Jelaskan!
3. Besar kuat arus 1 A, adalah kuat arus yang mengalir pada suatu penghantar yang memiliki hambatan sebesar 1 Ω pada saat diberi tegangan sebesar 1 V. Berdasarkan pengertian tersebut, berapakah besar kuat arus (I) pada suatu penghantar yang besar hambatannya (R) jika diberi tegangan sebesar (V)? Tuliskan bentuk persamaannya! Persamaan itulah yang disebut Hukum Ohm.
4. Jelaskan apa yang akan terjadi jika sebuah alat listrik yang pada awalnya dipasang pada rangkaian listrik dengan tegangan 220 V, kemudian dipasang pada rangkaian listrik dengan tegangan 110 V?
5. Mengapa lampu dengan tegangan 110 V tidak boleh langsung dipasang pada rangkaian listrik dengan tegangan 220 V?
6. Sebuah rangkaian listrik yang menggunakan baterai sebagai sumber arus dengan besar tegangan 1,5 volt memiliki hambatan sebesar 0,3 Ω. Hitunglah berapa besar kuat arus listrik yang mengalir dalam rangkaian tersebut!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan analisis dan diskusimu, buatlah kesimpulan tentang hubungan antara kuat arus, hambatan, dan tegangan listrik pada suatu rangkaian listrik.

4. Karakteristik Rangkaian Listrik

a. Hukum Kirchhoff

Perhatikan Gambar 5.9! Mobil yang masuk dari jalur utama akan berpisah di persimpangan jalan dan menuju tujuan masing-masing. Jumlah mobil yang masuk dan yang keluar jalur akan tetap sama, hal ini juga berlaku pada listrik. Menurut hukum Kirchhoff, besar arus listrik yang masuk ke dalam titik cabang kawat penghantar nilainya sama dengan besar arus listrik yang keluar dari titik cabang kawat penghantar tersebut.

Sumber: freedigitalphotos.net

Gambar 5.9 (a) Arus Kendaraan di Bundaran HI, Jakarta (b) Arus Listrik yang Masuk dan Keluar dari Percabangan

Secara matematis, pada setiap titip cabang berlaku:

$$\sum I_{masuk} = \sum I_{keluar}$$

Jika diketahui besar arus listrik I_1 = 2 A, I_2 = I_3 = 4 A, dan I_4 = 5 A, maka besar arus I_5 pada Gambar 5.9b adalah:

$$\sum I_{masuk} = \sum I_{keluar}$$

$$I_1 + I_4 + I_5 = I_2 + I_3$$

$$I_5 = (I_2 + I_3) - (I_1 + I_4) = (4 + 4) - (2 + 5) = 1 \text{ A}$$

Jadi, besar arus listrik yang mengalir pada I_5 adalah 1 ampere.

b. Rangkaian Hambatan Listrik

Pada suatu rangkaian listrik, hambatan listrik juga dapat dipasang secara seri dan paralel seperti pada lampu dan baterai (Ingat hasil percobaan pada Aktivitas 5.5 dan 5.6). Pola pemasangan hambatan listrik ini ternyata juga memengaruhi besar arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian listrik. Tahukah kamu mengapa? Perhatikan penjelasan berikut!

1) Rangkaian Hambatan Listrik Seri

Pada rangkaian seri kuat arusnya bernilai sama tetapi tegangannya berbeda-beda, sehingga:

$$V_1 \neq V_2 \neq \ldots \neq V_n$$

$$V_{total} = V_1 + V_2 + \ldots + V_n$$

Menurut hukum Ohm

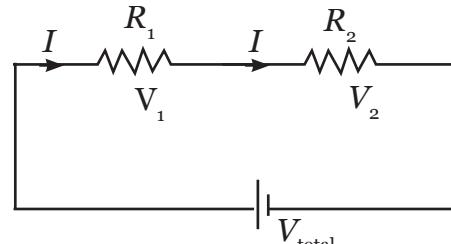
$V_1 = I \cdot R_1$

$V_2 = I \cdot R_2$

$V_{total} = IR_1 + IR_2 = I\,(R_1 + R_2)$

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5.10 Rangkaian Seri Hambatan Listrik

Karena :

$V_s = I \cdot R_s = V_{total}$

maka, R_s

$R_s = R_1 + R_2$

Jika ada n buah hambatan yang disusun secara seri maka:

$R_s = R_1 + R_2 + ... + R_n$

2) Rangkaian Hambatan Listrik Paralel

Pada rangkaian paralel, tegangan listrik bernilai sama tetapi besar kuat arusnya berbeda, sehingga:

$I_1 \neq I_2 \neq ... \neq I_n$

Menurut hukum Ohm

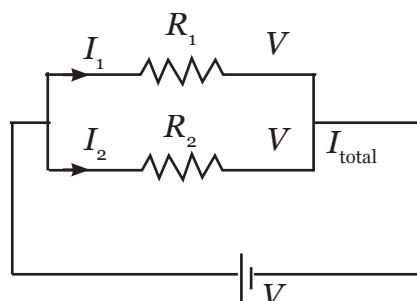
$I_1 = \dfrac{V}{R_1}$ dan $I_2 = \dfrac{V}{R_2}$

$I_{total} = I_1 + I_2$

$I_{total} = \dfrac{V}{R_1} + \dfrac{V}{R_2} = V\left(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}\right)$

Sumber: Dok. Kemdikbud

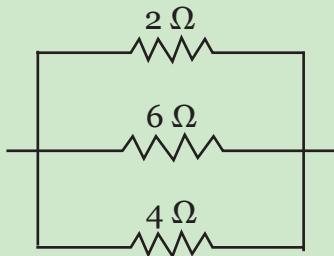
Gambar 5.11 Rangkaian Paralel Hambatan Listrik

Karena:

$I_{total} = \dfrac{V}{R_p}$

maka,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Sehingga, untuk n buah hambatan paralel:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + ... + \frac{1}{R_n}$$

Ayo, Kita Selesaikan

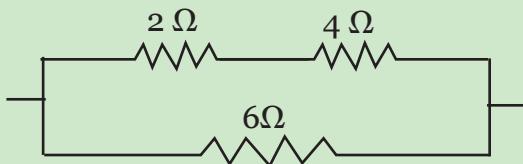
Perhatikan Gambar 5.12–5.15! Hitunglah besar hambatan pengganti beberapa rangkaian hambatan berikut!

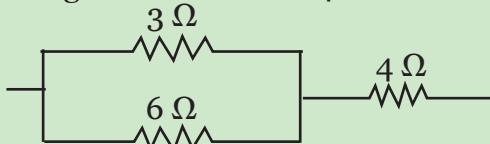
a. Rangkaian hambatan 1

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5.12 Rangkaian Hambatan 1

b. Rangkaian hambatan 2

3 Ω 2 Ω 4 Ω

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5.13 Rangkaian Hambatan 2

c. Rangkaian hambatan 3

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5.14 Rangkaian Hambatan 3

d. Rangkaian hambatan 4

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5.15 Rangkaian Hambatan 4

c. Rangkaian GGL dan Hukum Ohm pada Rangkaian Tertutup

Baterai baru yang belum dipakai umumnya memiliki Gaya Gerak Listrik (GGL) = 1,5 V. Artinya sebelum dirangkaikan untuk menghasilkan arus listrik, di antara kutub-kutub baterai ada tegangan sebesar 1,5 V. Jika baterai dihubungkan dengan suatu rangkaian sehingga ada arus yang mengalir, maka tegangan di antara kutub-kutub baterai disebut **tegangan jepit.** Perbedaan besar GGL dan tegangan jepit baterai terjadi karena adanya hambatan dalam pada baterai. Coba kamu ingat kembali hasil percobaan pada Aktivitas 5.7. Menurut hukum Ohm, besar kuat arus yang mengalir pada rangkaian tertutup adalah:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

Sehingga, besar tegangan jepitnya menjadi,

$$I \cdot R = E - (i \cdot r)$$
$$V = E - (i \cdot r)$$

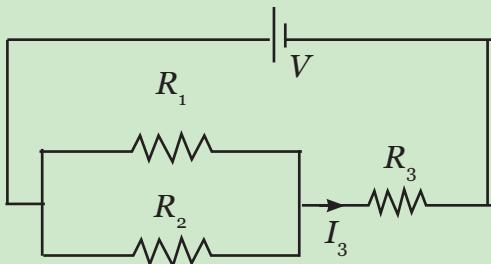
dengan:
r = hambatan dalam (Ω)
R = hambatan luar (Ω)
E = GGL baterai (volt)
V = tegangan jepit (volt)
I = arus listrik (ampere)

Elemen listrik yang sama dipasang secara seri dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$E_{total} = E_1 + E_2 + ... + E_n = n \cdot E$$
$$r_{total} = r_1 + r_2 + ... + r_n = n \cdot r$$

sehingga besar kuat arusnya adalah:

$$I = \frac{n \cdot E}{R + (n \cdot r)}$$

Ayo, Kita Diskusikan

Bagaimana jika elemen listrik yang sama dipasang secara paralel? Jelaskan!

Ayo, Kita Selesaikan

Perhatikan Gambar 5.16!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5.16 Contoh Soal Rangkaian Hambatan Seri dan Paralel

Jika R_1 = 3 Ω, R_2 = 6 Ω, R_3 = 2 Ω, dan I_3 = 3 A, hitung:

a. Hambatan total rangkaian
b. Tegangan total (V_{AB})
c. Arus listrik yang mengalir pada R_1
d. Arus listrik yang mengalir pada R_2

5. Sumber Arus Listrik

Listrik adalah energi, sehingga sesuai dengan hukum kekekalan energi, untuk menghasilkan energi listrik perlu adanya alat yang dapat mengubah energi lain menjadi energi listrik. Secara umum, sumber arus listrik terdiri atas dua jenis, yaitu sumber arus searah (*Direct Current* = DC) dan sumber arus bolak-balik (*Alternating Current* = AC). Agar lebih memahami, perhatikan Tabel 5.7!

Elemen volta, baterai, dan akumulator adalah sumber arus DC yang dihasilkan dari reaksi kimia, sehingga disebut juga sebagai **elektrokimia**. Berdasarkan dapat atau tidaknya diisi ulang, sumber arus listrik dibedakan menjadi elemen primer dan elemen sekunder. **Elemen primer** adalah sebutan bagi sumber arus listrik yang tidak dapat diisi ulang ketika energinya habis, contohnya seperti baterai kering dan elemen volta. **Elemen sekunder** adalah sebutan bagi sumber arus listrik yang dapat diisi ulang ketika energinya habis,

contohnya seperti akumulator dan baterai Lithium-ion (Li-ion) yang digunakan pada telepon genggam atau kamera.

Tabel 5.7 Jenis Sumber Arus Listrik

Jenis Sumber Arus Listrik	Sumber Arus	Proses Perubahan Energi
DC (*direct current*)	Elemen volta	Kimia → listrik
	Elemen kering (baterai)	Kimia → listrik
	Akumulator (ACCU)	Kimia → listrik
	Solar sel	Kalor → listrik
AC (*alternating current*)	Generator	Gerak → listrik

6. Sumber-Sumber Energi Listrik

Tahukah kamu, bagaimana cara membangkitkan energi listrik yang biasa kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari? Apa hanya dari minyak bumi dan batubara saja? Mengingat keterbatasan energi tambang, kini listrik tidak hanya dihasilkan dari minyak bumi atau batu bara, tetapi juga dari energi **matahari, angin, air, dan bioenergi**. Sumber-sumber energi tersebut merupakan energi alternatif karena ketersediaannya di alam yang dianggap sangat melimpah atau tidak akan pernah habis jika digunakan. Agar mengetahui berbagai sumber energi alternatif tersebut, bacalah uraian berikut dengan saksama.

a. Energi Matahari

Energi matahari merupakan sumber energi terbesar dan paling melimpah. Melalui penggunaan panel surya, energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik. Energi yang diperoleh saat matahari bersinar terang akan disimpan dalam baterai agar dapat digunakan saat cuaca mendung atau bahkan malam hari. Pada saat cuaca mendung, energi listrik yang diperoleh tidak dapat dihasilkan secara maksimal.

Sumber: freedigitalphotos.net
Gambar 5.17 Panel Sel Surya

Penggunaan energi surya di Indonesia diterapkan dalam dua macam teknologi, yaitu teknologi energi surya termal dan energi surya fotovoltaik. Suhu yang tinggi dari energi surya termal digunakan untuk memasak (kompor surya), mengeringkan hasil pertanian, dan memanaskan air. Energi surya fotovoltaik digunakan untuk menghasilkan listrik yang nantinya dapat digunakan untuk menyalakan lampu, memutar pompa air, menyalakan televisi, dan sebagai energi alat telekomunikasi.

b. Energi Angin (Kincir Angin)

Angin adalah salah satu contoh sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Energi gerak, yang dihasilkan oleh gerakan angin terhadap kincir, diubah oleh generator menjadi energi listrik. Berbeda dengan batu bara, gas, dan minyak bumi, kincir angin tidak menyebabkan polusi bagi lingkungan, sehingga kincir angin dipercaya ramah lingkungan.

Sumber: Dok. kemdikbud

Gambar 5.18 Sumber Energi Angin

Oleh sebab itu, pada tahun 1930, pemerintah Amerika mulai menggunakan kincir angin sebagai sumber energi listrik utamanya. Di daerah California, saat ini sudah ada 13.000 kincir angin yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik hingga 1,5 – 4 juta kWh setiap tahunnya, ini berarti setiap kincir angin digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik 150 hingga 400 rumah. Namun, ketika tidak ada angin yang berhembus, maka tidak akan ada energi listrik yang dihasilkan, sehingga masih diperlukan sejumlah batubara, gas, atau minyak bumi untuk memenuhi energi listrik pada saat tersebut.

Tidak kalah dengan California, Indonesia telah membangun beberapa unit kincir angin di Yogyakarta dengan kapasitas masing-masing 80 KW dan menargetkan pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Baru (PLTB) yang mampu menghasilkan 250 MW pada tahun 2025.

c. Energi Air (Hydropower)

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5.19 PLTA Karangkates yang Memanfaatkan Aliran Sungai Brantas

Air yang mengalir dari hulu ke hilir, khususnya pada sungai-sungai yang deras, dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk membangkitkan energi listrik. Arus air sungai tersebut dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin yang terhubung pada generator sehingga energi listrik dapat dihasilkan.

Banyaknya sungai dan danau air tawar membuat Indonesia membangun banyak Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di seluruh wilayahnya. Potensi tenaga air di seluruh Indonesia diperkirakan sebesar 75.684 MW, tetapi yang sudah dimanfaatkan masih 100 MW dengan jumlah pembangkit sekitar 800 buah. Salah satu contoh PLTA yaitu PLTA Karangkates yang ada di Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur.

d. Bioenergi

Sumber: www.goodnewsfinlad.com

Gambar 5.20 Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa

Bioenergi adalah energi yang diperoleh dari biomassa. Biomassa merupakan bahan organik yang berasal dari makhluk hidup, baik dari tumbuhan maupun hewan. Limbah dari budidaya pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, maupun perikanan juga dapat digunakan sebagai sumber bioenergi.

Energi yang diperoleh dari biomassa ini dapat diubah menjadi energi listrik dengan cara mengolah biomassa menjadi bahan bakar nabati, misalnya etanol atau biodisel. Bahan bakar nabati ini selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan bakar generator atau diesel untuk menghasilkan listrik.

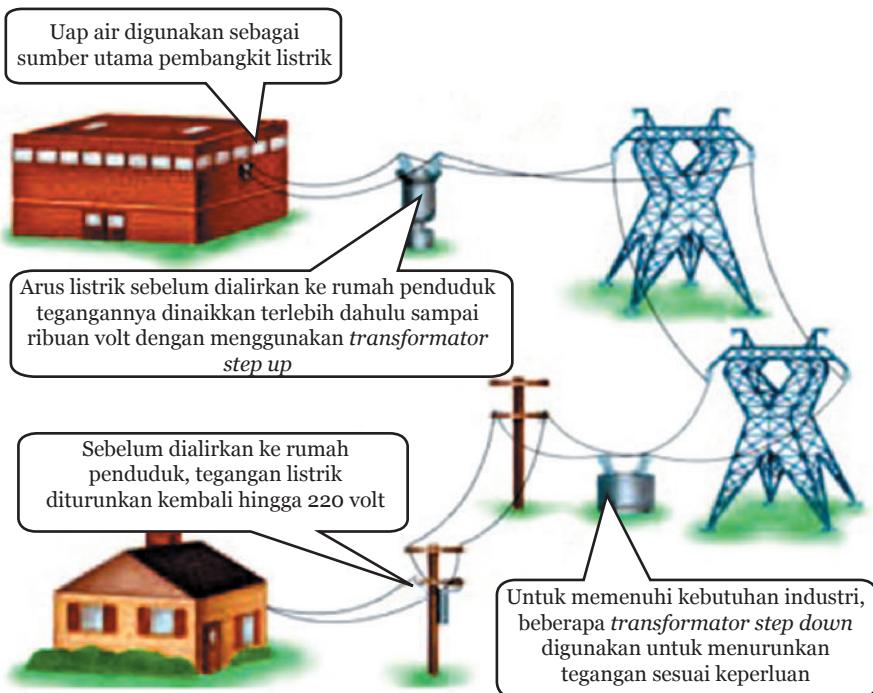
Tahukah Kamu?

Pernahkah kamu berpikir bahwa tanaman dapat menghasilkan arus listrik? **Sumber listrik baru** telah dikembangkan oleh Marjolein Helder dari Universitas Wegeningen Belanda. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada saat tumbuh, tanaman memperoleh listrik dari interaksi antara akar tanaman dengan bakteri tanah.

Akar tanaman tersebut mampu mengeluarkan cairan dan gas hingga 70% ke tanah. Selanjutnya bakteri yang ada di sekitar akar mengurai bahan organik sehingga membentuk sumber energi listrik baru. Saat menguji penelitiannya, Helder meletakkan sebuah elektrode dekat bakteri untuk menyerap elektron dan hasilnya menunjukkan ada arus listrik yang mengalir di antara elektrode tersebut.

Mikrob pada tanaman mikrobial dapat menghasilkan arus 0,4 watt per meter persegi dari tanaman hidup. Di waktu mendatang, energi listrik dari tanaman ini akan dikembangkan hingga dapat memproduksi sebanyak 3,2 watt meter persegi. Ini artinya akar dalam wilayah 100 meter persegi dapat memenuhi kebutuhan listrik sebuah rumah dengan pemakaian 2.800 kWh per tahun.

Sumber: tabloidpulsa.co.id

Gambar 5.21 Tumbuhan sebagai Sumber Energi Listrik

Ayo, Kita Cari Tahu

Tahukah kamu bahwa energi nuklir, gas hidrogen, panas bumi, gelombang air laut, dan piezoelektrik juga merupakan sumber energi listrik alternatif? Coba cari informasi sebanyak-banyaknya tentang pengertian dan cara kerja tiap-tiap sumber energi tersebut! Tuliskan dalam bentuk makalah, konsultasikan kepada gurumu, dan kemudian presentasikan di depan kelas!

7. Transmisi Energi Listrik

Tahukah kamu bagaimana energi listrik dapat disalurkan ke rumah-rumah dengan efektif dan efisien? Perhatikan Gambar 5.22!

Sumber: Bigss dkk., 2008

Gambar 5.22 Transmisi Energi Listrik Jarak Jauh

Transmisi listrik jarak jauh dilakukan dengan menaikkan tegangan listrik. Jika tegangan listrik untuk transmisi jarak jauh rendah, maka arus listriknya akan menjadi besar sehingga diperlukan kabel listrik

yang besar dan banyak energi yang terbuang menjadi kalor saat listrik disalurkan dari PLN ke rumah-rumah. Namun, dengan tegangan yang tinggi, arus listrik akan menjadi kecil sehingga kabel listrik yang dibutuhkan kecil dan tidak terlalu banyak energi yang terbuang.

Agar tegangan listrik dari PLN dapat dinaikkan, maka diperlukan transformator *step up*. PLN memproduksi listrik dengan tegangan sebesar 10.000 volt, sehingga perlu dinaikkan menjadi sekitar 150.000 volt. Transmisi energi listrik dengan tegangan sebesar ini dilakukan dengan menaikkan kabel pada gardu-gardu listrik yang tinggi agar aman bagi penduduk. Pada transmisi berikutnya digunakan transformator *step down* untuk menurunkan tegangan hingga menjadi 220 volt sehingga dapat langsung didistribusikan ke penduduk.

B. Penggunaan Energi Listrik, Upaya Penghematan, dan Pencegahan Bahaya Penggunaannya

Ayo, Kita Pelajari

- Penggunaan energi listrik di lingkungan sekitar
- Upaya penghematan energi listrik
- Pencegahan bahaya penggunaan listrik

Istilah Penting

- *Lighting Emitting Diode* (LED)
- Rekening listrik
- Korsleting

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini dapat membantu kamu agar lebih mudah memahami dan dapat mempraktikkan upaya menghemat dan menggunakan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari secara bijaksana.

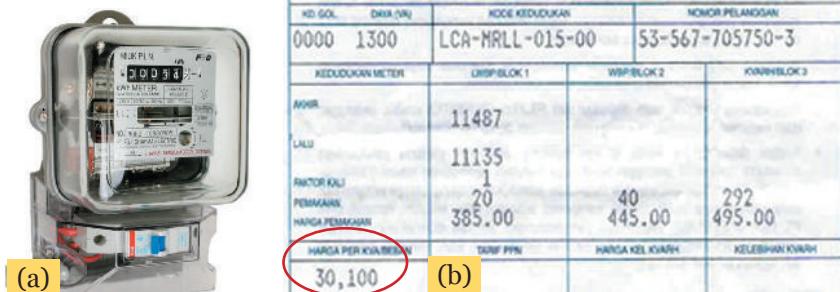
1. Penggunaan Energi Listrik di Lingkungan Sekitar

Mengapa malam hari selalu identik dengan kegelapan? Bagian bumi akan mengalami malam apabila posisinya membelakangi matahari sehingga tidak memperoleh cahaya matahari secara langsung. Bagian bumi yang mengalami malam hari hanya akan memperoleh cahaya dari bulan dan bintang. Lemahnya penerangan dari bulan dan bintang mengakibatkan malam menjadi gelap. Sejak ditemukan bola lampu oleh Thomas Alva Edison, malam menjadi waktu yang dinanti-nantikan umat manusia. Salah satunya karena keindahan lampu-lampu yang sekaligus menjadi hiasan malam hari.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 5. 23 Lampu sebagai Penerang pada Malam Hari

Tahukah Kamu?

Thomas Alva Edison adalah seorang ilmuwan yang sangat gigih dan pantang menyerah. Ia berhasil menemukan lampu setelah melakukan 1000 kali percobaan. Hingga pada akhirnya, berkat kegigihan dan sikap pantang menyerah tersebut Edison berhasil memegang rekor dengan 1093 paten atas namanya. Menurut Edison "*Saya tidak patah semangat karena setiap usaha yang salah adalah satu langkah maju*".

Ayo, Kita Pikirkan!

Menurutmu, mungkinkah energi listrik habis? Coba pikirkan dan diskusikan dengan temanmu!

Selain lampu, energi listrik juga dimanfaatkan untuk mengoperasikan berbagai alat hasil teknologi untuk menunjang kehidupan manusia. Coba sebutkan peralatan apa saja yang ada di rumahmu yang memanfaatkan energi listrik sebagai sumber energi utamanya? Tahukah kamu seberapa besar energi listrik yang digunakan setiap bulan di rumahmu? Bagaimana cara menghitung biaya listrik setiap bulan?

(b)

KD. GOL.	DAYA (VA)	KODE KEDUDUKAN	NOMOR PELANGGAN
0000	1300	LCA-MRLL-015-00	53-567-705750-3

KEDUDUKAN METER	LWBP BLOK 1	WBP BLOK 2	KVARH BLOK 3
AKHIR	11487		
LALU	11135		
FAKTOR KALI	1		
PEMAKAIAN	20	40	292
HARGA PEMAKAIAN	385.00	445.00	495.00

HARGA PER KVA/BEBAN	TARIF PPN	HARGA KEL KVARH	KELEBIHAN KVARH
30,100			

Sumber: Dok.Kemdikbud

Gambar 5.24 (a) Meteran Listrik, (b) Rekening Listrik

Total biaya listrik setiap bulan yang dibayarkan kepada PLN dihitung sesuai penggunaan energi listrik di rumah. Melalui kWh meter yang biasa dipasang di rumah, petugas PLN setiap bulan mendatangi dan mencatat besar energi listrik yang telah digunakan. Energi yang telah digunakan tersebut dikalikan dengan tarif dasar listrik yang telah ditentukan. Perhitungan biaya listrik dilakukan dengan mengalikan energi listrik yang terpakai dengan tarif dasar listrik per kWh. Misalnya sebuah lampu dengan daya 10 watt dinyalakan dalam waktu 8 jam/hari selama 30 hari. Karena lampu 10 watt artinya dalam 1 detik menggunakan energi listrik sebesar 10 joule, maka energi total yang digunakan lampu selama 30 hari adalah $\mathbf{W} = \mathbf{P} \times \mathbf{t} = 10 \times 8 \times 30 = 2400$ Wh = 2,4 kWh. Jika tarif dasar listriknya Rp385,00, maka biaya yang harus dibayarkan adalah sebesar Rp924,00.

Ayo, Kita Selesaikan

Buatlah perhitungan biaya pemakaian listrik di rumahmu masing-masing! Gunakan rekening pemakaian listrik untuk 1 bulan. Bandingkan hasil perhitunganmu dengan pembayaran yang dilakukan orangtuamu. Kemukakan pendapatmu dalam bentuk narasi. Lalu, coba kamu pikirkan cara untuk mencocokkan perhitungan biaya pemakaian listrik yang menggunakan sistem pulsa (prabayar).

Tahukah Kamu?

Tahukah kamu betapa bahayanya jika kita ceroboh dalam menggunakan listrik? Salah satunya adalah korsleting. Akhir-akhir ini kita sering mendengar peristiwa kebakaran yang disebabkan oleh korsleting. Tetapi tahukah kamu mengapa hubungan pendek arus listrik atau korsleting dapat menjadi penyebab kebakaran? Umumnya, korsleting terjadi karena adanya konduktor positif dan negatif di dalam kabel yang saling berhubungan satu sama lain. Hal tersebut disebabkan oleh penyambungan kabel-kabel listrik yang tidak memperhatikan kutub-kutub listrik atau adanya konduktor kabel yang tidak tertutup isolator dengan baik.

Konduktor dalam kabel yang saling terhubung tersebut mengakibatkan hubungan pendek sehingga dapat memicu timbulnya arus yang sangat besar pada kabel, dan akan menghasilkan energi panas yang luar biasa dalam waktu singkat. Biasanya, energi panas ini disertai dengan ledakan kuat dengan suhu sangat tinggi sehingga mampu membakar benda-benda yang ada di sekitarnya.

2. Upaya Penghematan Energi Listrik

Mengapa kita perlu menghemat energi listrik? Bukankah energi listrik tidak pernah habis meskipun telah digunakan dari kita kecil hingga sekarang? Sebelum memahami lebih lanjut tentang upaya penghematan energi listrik, lakukan kegiatan diskusi berikut ini.

Ayo, Kita Diskusikan

Berdasarkan hasil perhitungan biaya listrik setiap bulan, coba kamu menghitung berapa besar energi dan biaya listrik yang harus kamu bayarkan setiap bulannya? Dengan menggunakan energi listrik di rumahmu sebagai acuan (jika ada), coba hitung besar energi dan biaya listrik seluruh penduduk Indonesia yang berjumlah sekitar 264 juta penduduk. Asumsikan 264 juta penduduk tersebut terbagi

ke dalam 66 juta rumah tangga dan asumsikan juga bahwa 55% penduduk Indonesia telah menggunakan energi listrik di rumahnya masing-masing.

Setelah menghitung besar energi listrik yang digunakan oleh seluruh penduduk Indonesia, sekarang coba hitung berapa besar emisi karbon yang dihasilkan jika 60% penggunaan energi listrik berasal dari energi fosil. Perlu diketahui bahwa setiap 1000 mega watt daya listrik yang diproduksi dari batu bara akan menghasilkan 5,6 juta ton emisi karbon tiap tahun.

Apa yang dapat kamu simpulkan dari diskusi tersebut?

Ternyata tidak hanya menghemat biaya listrik yang terus-menerus naik, upaya penghematan energi listrik juga dilakukan karena besarnya emisi karbon yang dihasilkan. Besarnya emisi karbon yang dihasilkan oleh pembangkit listrik yang menggunakan batu bara adalah penyumbang terbesar terjadinya *global warming*.

Salah satu upaya untuk menghemat energi listrik adalah dengan menggunakan energi listrik seperlunya atau mengganti peralatan listrik dengan peralan berdaya lebih kecil. Coba perhatikan penggunaan lampu sorot yang dipasang pada kendaraan terbaru, bandingkan dengan kendaraan lama, adakah perbedaannya? Lampu sorot pada mobil-mobil baru dan lampu penerangan di rumah cenderung memanfaatkan lampu LED (*Light Emitting Diode*) daripada lampu bohlam seperti pada kendaraan lama. Penggunaan LED dengan daya yang lebih kecil tersebut diharapkan dapat menghemat kebutuhan energi listrik. Selain penggunaan LED, apa saja upaya yang dilakukan manusia untuk menghemat energi listrik? Coba identifikasi upaya-upaya tersebut bersama teman-temanmu.

Tahukah Kamu?

Sebagai upaya penghematan listrik sekaligus mengurangi dampak *global warming*, kegiatan *earth hour* diadakan WWF (*World Wide Fund*) *for nature* setiap hari sabtu terakhir bulan Maret. Acara utamanya adalah mematikan lampu dan peralatan listrik selama satu jam. Kegiatan yang serentak dilakukan di sejumlah negara

yang sudah menggunakan listrik ini terbukti mampu menghemat biaya listrik hingga Rp216.600.000,00 mengurangi jumlah CO_2 hingga sebanyak 267,3 ton, dan menyelamatkan 267 pohon.

3. Pencegahan Bahaya Penggunaan Listrik

Pernahkah kamu tersengat listrik (terkena setrum listrik)? Pada saat tersengat listrik, mungkin hanya sensasi kejut yang kamu rasakan. Namun peristiwa terparah pada tahun 1997, sebanyak 490 orang meninggal akibat tersengat listrik. Sejak saat itu berbagai tindak pencegahan dilakukan untuk menghindari jatuhnya korban jiwa akibat kelalaian manusia dalam menggunakan listrik. Berikut disajikan beberapa prosedur "Aman Menggunakan Listrik".

a. Mencabut kabel dari stop kontak bila tidak menggunakan peralatan listrik.
b. Menghindari air dan kondisi tangan yang basah saat ingin menyambung atau melepas sambungan kabel dengan stop kontak.
c. Tidak memegang lubang stop kontak atau sambungan kabel yang terbuka.
d. Selalu memperhatikan peringatan penggunaan listrik yang ada pada peralatan listrik.
e. Memasang sekering dengan benar untuk menghindari kebakaran dengan cara memutus arus pendek yang terjadi di rumah secara otomatis.

Tahukah Kamu?

Kamu harus selalu berhati-hati agar tidak tersengat arus listrik. Darah dan cairan tubuh lainnya merupakan konduktor listrik yang baik, tetapi kulit yang dalam keadaan kering merupakan isolator bagi arus listrik. Kondisi kulit yang kering tersebut seperti plastik yang membungkus kabel listrik, sehingga kulit melindungi tubuh dari arus listrik yang akan masuk ke dalam tubuh. Efek kejutan listrik yang dirasakan tubuh tergantung pada banyaknya arus yang masuk, perhatikan Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Besar Arus dengan Efek Kejutan Listrik pada Tubuh Manusia

Kuat Arus Listrik (A)	Efek Kejutan yang Dirasakan Tubuh
0,0005	Geli
0,001	Terasa nyeri
0,01 - 0,025	Kesulitan bergerak
0,05 - 0,25	Kesulitan bernapas
0,50 -1,00	Serangan jantung

Ayo, Kita Renungkan

Listrik saat ini merupakan salah satu sumber energi terbesar yang dipakai oleh hampir seluruh manusia di dunia. Listrik menjadi kebutuhan utama di rumah tangga, kantor-kantor, gedung sekolah, dan berbagai macam industri. Bahkan, listrik juga mengalir di dalam tubuh kita. Listrik akan terus bergerak dari satu neuron ke neuron yang lain ketika otak aktif bekerja. Beberapa jenis hewan juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan listrik, yang berperan sebagai alat petunjuk gerak dan ada pula yang berfungsi sebagai sistem pertahanan terhadap musuh. Manfaat listrik yang begitu besar, bukan berarti kita dapat menggunakannya sesuka hati. Sebagian besar energi yang digunakan untuk pembangkit listrik saat ini adalah berasal dari sumber daya alam. Dengan demikian, penggunaan listrik yang arif dan bijaksana akan sangat bermanfaat bagi pelestarian alam sekitar agar sumber energi listrik tidak cepat habis. Bagaimana caramu untuk menghemat penggunaan listrik?

Tabel 5.9 Pernyataan untuk Refleksi
Terkait Listrik Dinamis dan Teknologi Listrik di Lingkungan

No	Pertanyaan/Pernyataan	Ya	Tidak
1	Saya selalu mematikan lampu ataupun alat listrik lainnya apabila tidak digunakan.		
2	Agar dapat mengurangi risiko terjadinya pemanasan global saya akan berusaha semaksimal mungkin untuk menghemat penggunaan energi listrik.		

No	Pertanyaan/Pernyataan	Ya	Tidak
3	Setelah selesai menggunakan alat listrik saya selalu mencabut kabelnya dari stop kontak.		
4	Di rumah saya terdapat sekering yang berfungsi sebagai pemutus aliran listrik ketika terjadi arus pendek.		
5	Saya selalu mengeringkan tangan saya ketika akan menyambung atau melepas sambungan kabel dengan stop kontak.		
Total			

Coba kamu hitung, berapa total skormu dengan ketentuan:

- Jawaban ”ya” mendapat skor 2 (dua)
- Jawaban ”tidak” mendapat skor 0 (nol)

Bandingkan total skormu dengan kriteria berikut:

Skor 0 - 3 : berarti kamu memiliki sikap yang kurang baik dalam menggunakan listrik

Skor 4 - 6 : berarti kamu memiliki sikap yang baik dalam dalam menggunakan listrik

Skor 7 - 10 : berarti kamu memiliki sikap yang sangat baik dalam dalam menggunakan listrik

Untuk kamu yang memiliki sikap yang kurang baik, sebaiknya kamu terus berusaha untuk meningkatkan motivasimu dalam belajar terkait listrik dinamis dan pemanfaatannya.

Info Tokoh

1544-1603 M — **Vesorium Gilbert**

Orang pertama yang menggunakan kata listrik dan dialah yang menggunakan alat listrik pertama yaitu Versorium

1736-1806 M

Charles-Augustin de Coulomb

Menemukan Hukum Coulomb

1745-1827 M

Alesandro Volta

Menemukan baterai berukuran praktis pertama

George Ohm

1789-1854 M

Mencetuskan hubungan antara hambatan, kuat arus, dan beda potensial listrik, atau yang lebih dikenal dengan sebutan Hukum Ohm

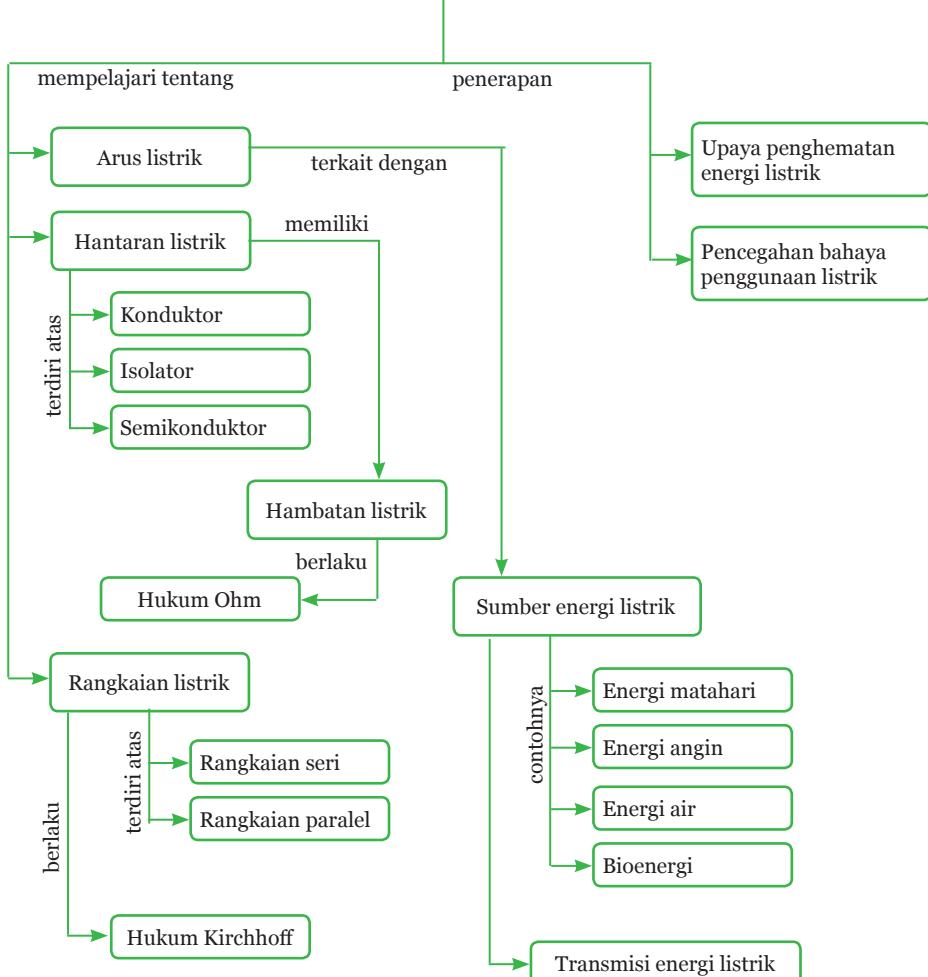
Michael Faraday — **1791-1867 M**

Menemukan Hukum Faraday dan pembuatan dinamo listrik pertama

1824 - 1887 M — **Gustav Robert Kirchhoff**

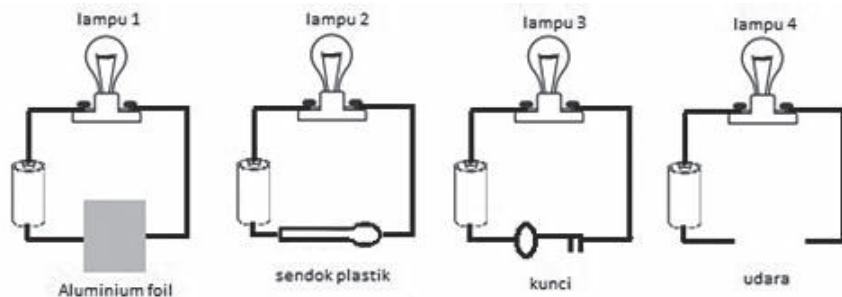
Mencetuskan konsep dasar teori rangkaian listrik, spektroskopi, dan emisi radiasi benda hitam yang dihasilkan oleh benda-benda yang dipanaskan

Rangkuman

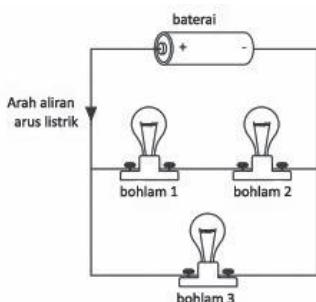
1. Arus listrik dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik seperti generator, arus listrik baterai, aki (accu), dan buah-buahan terutama buah-buahan yang mengandung asam.
2. Arus listrik mengalir akibat adanya beda potensial listrik dari sumber tegangan.
3. Besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian tertutup sebanding dengan besarnya muatan listrik yang mengalir pada setiap detik.
4. Besar arus listrik dapat dihitung dengan membagi muatan listrik tiap satuan waktu dan satuan arus listrik adalah ampere.
5. Beda potensial yang ada di dalam buah mendorong elektron untuk bergerak sehingga memicu aliran listrik.
6. Berdasarkan kemampuan bahan untuk menghantarkan arus listrik, bahan digolongkan menjadi konduktor, semikonduktor, dan isolator.
7. Konduktor listrik merupakan bahan-bahan yang dapat digunakan untuk menghantarkan listrik. Contoh bahan konduktor listrik diantaranya tembaga, perak, dan emas.
8. Isolator listrik merupakan bahan yang sangat buruk untuk menghantarkan listrik. Contoh bahan isolator listrik diantaranya plastik dan karet.
9. Bahan semikonduktor listrik adalah bahan-bahan yang jika berada pada suhu rendah bersifat sebagai isolator, sementara pada suhu tinggi bersifat sebagai konduktor. Contoh bahan semikonduktor listrik adalah karbon, silikon, dan germanium.
10. Hambatan jenis merupakan besar hambatan setiap jenis kawat yang panjangnya satu satuan panjang per satu satuan luas penampang. Semakin kecil hambatan jenis suatu bahan, semakin baik kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan listrik.
11. Besar hambatan listrik suatu kawat dipengaruhi oleh hambat jenis kawat, panjang kawat, dan luas penampang kawat.
12. Rangkaian listrik terdiri atas dua jenis, yaitu rangkaian seri dan rangkaian paralel. Rangkaian seri adalah rangkaian listrik yang tidak memiliki percabangan kabel. Rangkaian paralel adalah rangkaian listrik yang memiliki percabangan kabel.

13. Hukum Kirchhoff menyebutkan bahwa besar arus listrik yang masuk ke dalam titik cabang kawat penghantar nilainya sama dengan besar arus listrik yang keluar dari titik cabang kawat penghantar tersebut.
14. Hambatan listrik dapat dipasang secara seri atau paralel. Pola pemasangan hambatan listrik dapat memengaruhi besar arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian listrik. Rangkaian hambatan listrik seri kuat arusnya bernilai sama tetapi tegangannya berbeda-beda. Rangkaian hambatan listrik paralel, tegangan listrik bernilai sama tetapi besar kuat arusnya berbeda.
15. Sumber arus listrik terdiri atas dua jenis, yaitu sumber arus searah (*Direct Current* = DC) dan sumber arus bolak-balik (*Alternating Current* = AC).
16. Berdasarkan dapat atau tidaknya diisi ulang, sumber arus listrik dibedakan menjadi elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer adalah sebutan bagi sumber arus listrik yang tidak dapat diisi ulang ketika energinya habis, contohnya seperti baterai kering dan elemen volta. Elemen sekunder adalah sebutan bagi sumber arus listrik yang dapat diisi ulang ketika energinya habis contohnya seperti akumulator dan baterai Lithium-ion (Li-ion) yang digunakan pada telepon genggam atau kamera.
17. Energi listrik dapat diubah menjadi energi lain, misalnya kipas angin yang mampu mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Sebaliknya, energi lain dapat diubah menjadi energi listrik, misalnya energi kimia pada akumulator (*accu*) dapat diubah menjadi energi listrik.
18. Sumber energi listrik alternatif diperoleh dari sumber energi yang berlimpah di alam, misalnya berasal dari energi matahari, energi angin, energi air, bioenergi, dan nuklir.
19. Upaya untuk menghemat energi listrik diantaranya dengan menggunakan energi listrik seperlunya atau mengganti peralatan listrik dengan peralatan yang berdaya lebih kecil.

Bagan Konsep

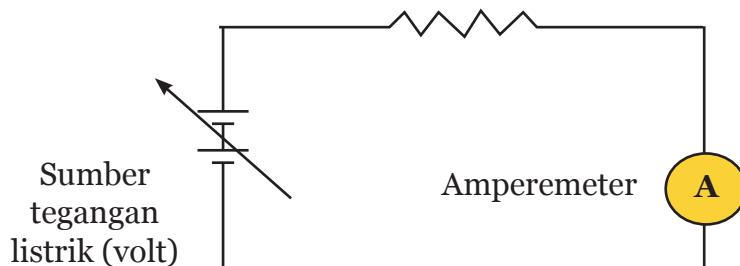
Listrik Dinamis dan Teknologi Listrik di Lingkungan

- mempelajari tentang
  - Arus listrik
    - terkait dengan → Sumber energi listrik
      - contohnya
        - Energi matahari
        - Energi angin
        - Energi air
        - Bioenergi
      - Transmisi energi listrik
  - Hantaran listrik
    - terdiri atas
      - Konduktor
      - Isolator
      - Semikonduktor
    - memiliki → Hambatan listrik
      - berlaku → Hukum Ohm
  - Rangkaian listrik
    - terdiri atas
      - Rangkaian seri
      - Rangkaian paralel
    - berlaku → Hukum Kirchhoff
- penerapan
  - Upaya penghematan energi listrik
  - Pencegahan bahaya penggunaan listrik

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!

1. Perubahan energi yang terjadi pada baterai yang menyalakan senter adalah ....
   A. kimia-listrik-cahaya
   B. listrik-mekanik-cahaya
   C. kimia-mekanik-cahaya
   D. mekanik-listrik-cahaya
2. Gambar berikut menunjukkan baterai dan lampu yang dihubungkan dengan kawat pada beberapa bahan.

   Gambar yang menunjukkan lampu menyala adalah ....
   A. 1 dan 2
   B. 2 dan 3
   C. 1 dan 3
   D. 1 dan 4
3. Arus listrik sebesar 10 mA mengalir pada sebuah kawat penghantar selama 60 detik. Jumlah muatan yang berpindah pada kawat penghantar adalah ....
   A. 600 C
   B. 60 C
   C. 6 C
   D. 0,6 C

4. Energi listrik digunakan untuk menyalakan lampu. Perbandingan jumlah energi listrik yang digunakan dengan jumlah energi cahaya yang dihasilkan adalah ....
   A. jumlah energi listrik yang dihasilkan lebih dari jumlah energi cahaya yang dihasilkan
   B. jumlah energi listrik yang dihasilkan kurang dari jumlah energi cahaya yang dihasilkan
   C. jumlah energi listrik yang dihasilkan sama dengan jumlah energi cahaya yang dihasilkan
   D. jumlah energi listrik yang dihasilkan terkadang lebih banyak atau lebih sedikit daripada jumlah energi cahaya yang dihasilkan
5. Sebuah ruang kelas menggunakan berbagai peralatan listrik dengan rincian daya dan waktu pemakaian seperti pada tabel berikut!

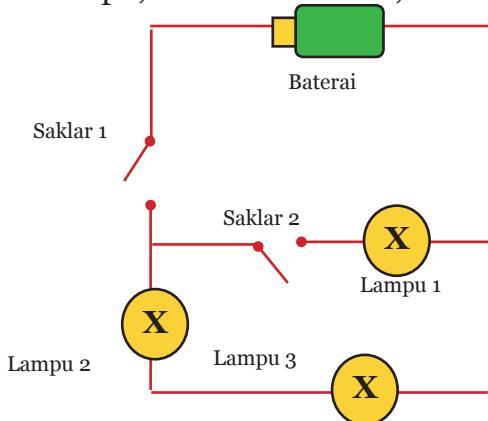
No	Jenis Peralatan Listrik	Besar Daya	Rata-Rata Pemakaian
1	4 buah lampu	20 watt	3 jam
2	Pendingin ruangan (AC)	450 watt	6 jam
3	LCD proyektor	100 watt	6 jam
4	Komputer	350 watt	6 jam

   Jika harga listrik tiap kWh adalah Rp385,00, biaya listrik yang harus dibayarkan untuk kelas tersebut adalah .... (asumsi 1 bulan = 30 hari).
   A. Rp114.114,00
   B. Rp65.142,00
   C. Rp56.456,40
   D. Rp55.255,20
6. Tiga lampu identik dihubungkan dengan sebuah baterai seperti terlihat pada gambar berikut!

   Arah panah menunjukkan arah aliran arus listrik. Pernyataan berikut yang benar adalah ...

A. Arus pada lampu 2 sama dengan arus pada lampu 3.
B. Arus pada lampu 2 sama dengan arus pada lampu 1.
C. Arus pada lampu 1 lebih besar daripada arus pada lampu 2.
D. Arus pada lampu 1 lebih besar daripada arus pada lampu 3.

7. Beberapa peserta didik menggunakan amperemeter (A) untuk mengukur arus pada sirkuit dengan tegangan yang berbeda-beda.

Tabel di bawah ini menunjukkan hasil pengukuran beberapa peserta didik tersebut. Lengkapilah tabel berikut ini!

Tegangan (volt)	Arus Listrik (miliampere)
2	15
4	30
....	60

A. 5 volt
B. 6 volt
C. 7 volt
D. 8 volt

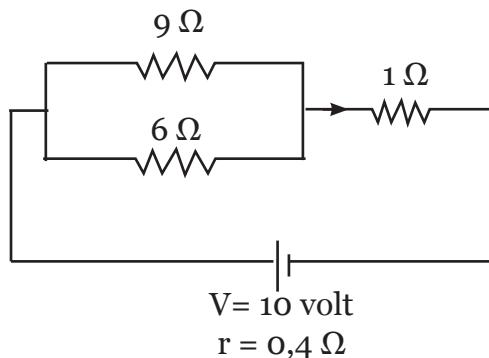
8. Salah satu keuntungan energi matahari adalah ....
A. tidak menghasilkan polusi
B. tidak dapat diperbaharui
C. efisien di beberapa iklim
D. tersedia sepanjang waktu

9. Berikut yang bukan bahan bakar fosil adalah ....
A. batu bara
B. matahari
C. gas alam
D. minyak bumi

10. Salah satu upaya penghematan energi listrik adalah ....
    A. menggunakan oven listrik untuk memanaskan makanan
    B. menggunakan lampu bohlam dengan daya yang besar agar terang
    C. seluruh instalasi listrik di rumah menggunakan rangkaian paralel
    D. membiarkan kabel terhubung dengan stop kontak meskipun tidak menggunakan peralatan listrik

B. Jawablah dengan benar pertanyaan berikut!

1. Diberikan sebuah rangkaian listrik arus searah terdiri dari tiga buah lampu, dua buah sakelar, dan sebuah sumber arus listrik.

   Manakah lampu-lampu yang menyala jika:
   a. sakelar 1 tertutup, sakelar 2 terbuka
   b. sakelar 2 tertutup, sakelar 1 terbuka
   c. sakelar 1 tertutup, sakelar 2 tertutup
   d. sakelar 1 terbuka, sakelar 2 terbuka

2. Sebuah rumah menggunakan peralatan listrik seperti pada tabel di bawah ini!

No	Jenis Peralatan Listrik	Daya (watt)	Waktu Pemakaian (jam/hari)
1	4 buah lampu	10	12
2	1 buah setrika	300	3
3	1 buah kulkas	100	24
4	1 buah TV	50	6

Berdasarkan rincian peralatan listrik dan waktu pemakaian rata-rata setiap hari, hitunglah biaya yang harus dibayarkan selama 1 bulan jika harga listrik Rp1000,00/kWh! (1 bulan = 30 hari)

3. Mengapa rangkaian listrik di rumah-rumah sebagian besar menggunakan rangkaian paralel?
4. Sebutkan tiga upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya bahaya penggunaan listrik!
5. Perhatikan gambar di bawah ini!

Hitunglah!

a. Hambatan pengganti
b. Arus listrik total yang mengalir pada rangkaian
c. Arus listrik yang mengalir pada hambatan 9 Ω
d. Arus listrik yang mengalir pada hambatan 6 Ω
e. Arus listrik yang mengalir pada hambatan 1 Ω
f. Tegangan listrik pada hambatan 9 Ω
g. Tegangan listrik pada hambatan 6 Ω
h. Tegangan listrik pada hambatan 1 Ω

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Membuat Alat Sederhana yang Menerapkan Konsep Listrik Dinamis

- **Permasalahan**

Penerapan listrik dinamis banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti rangkaian listrik, elektromagnetik, dan sebagainya. Pernahkah kamu berpikir untuk merancang dan membuat alat-alat tersebut?

- **Perencanaan**

Buatlah kelompok kerja (3–5 orang per kelompok). Rancanglah bersama kelompokmu untuk membuat alat yang merupakan penerapan listrik dinamis. Carilah informasi sebanyak dan sedetail mungkin tentang alat tersebut. Susun informasi tersebut dengan baik dan presentasikan hasil kerja kelompokmu di depan kelas.

- **Pelaksanaan**

Buatlah alat penerapan listrik dinamis sesuai perencanaan yang kamu rancang bersama kelompokmu. Bertanyalah kepada guru atau orang tuamu jika mengalami kesulitan. Presentasikan alat tersebut di depan kelas.

- **Penilaian**

Penilaian dilakukan berdasarkan:

1. Produk berupa alat sederhana yang menerapkan konsep listrik dinamis.
2. Presentasi perencanaan, pelaksanaan, dan produk alat sederhana yang menerapkan konsep listrik dinamis.

Daftar Pustaka

Anonim. Tanpa tahun. *Penjernihan Air dengan Media Tumbuhan*, (Online),(http://bapelkescikarang.or.id/bapelkescikarang/images/stories/KurmodTTG/Pengolahanairbersih/mi-3a%20modul%20penjernihan%20dengan%20media%20tumbuhan.pdf), diunduh pada tanggal 1 Agustus 2014.

Bhopal R. S. K. 2012. *Science Class 10*. New Delhi: Madhya Pradesh Rajya Shiksha KendraPress.

Biggs, A., Daniel, L., Ortleb, E.P.,& Rillero, P. 2004. *Glencoe Science: Life Science*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Biggs, A., Hagins, W.C., Holliday, W.G., Kapicka, C.L., Lundgren, L., MacKenzie, A.H., Rogers, W.D., Sewer, M.B., & Zike, D. 2008. *Glencoe Science: Biology*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Campbell, N.A., Reece. J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., & Jackson, R.B. 2008. *Biology 8th edition*. San Francisco: Pearson Education, Inc.

Davidovits, P. 2008. *Physics in Biology and Medicine 3rd edition*. New York: Elsevier Inc.

Emalisa. Tanpa tahun. *Pola dan Arus Migrasi di Indonesia,* (Online), (http://library.usu.ac.id/download/fp/sosek-emalisa.pdf), diunduh tanggal 19 Juni 2014.

Eridiana, W. Tanpa tahun. *Migrasi,* (Online), (http://file.upi.edu/direktori/fpips/jur._pend._geografi/195505051986011-wahyu_eridiana/migrasi-1.pdf), diunduh tanggal 19 Juni 2014.

Hastuti, U. S. 2012. *Petunjuk Praktikum Mikrobiologi untuk Program S-2 Biologi*. Malang: UMM Press.

Hickman, C.P., Roberts, L.S., Kee, S.L., Larson, A., Anson, H.I., Eisenhour, D.J. 2008. *Integrated Principles of Zoology 14th edition*. New York: McGraw-Hill, Higher Education, Inc.

Hidayat, S. 2009. Protein Biji Kelor sebagai Bahan Aktif Penjernihan Air (*Kelor Seeds Proteins as Water Purification Agent*). *Jurnal Biospecies*. Vol. 2. No. 2.:12 –17.

Hughes, M. B. 2007. *CPO Focus on Earth Science First Edition*. New Hampshire: Delta Education LLC.

Klug, W.S., Cummings, M.R., Spencer., M.R., & Palladino, M.A. 2012. *Concepts of Genetics 10th edition*. San Francisco: Pearson Education, Inc.

Kuncowati. 2010. Pengaruh Pencemaran Minyak di Laut terhadap Ekosistem Laut. *Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhan*. Vol.1(1): 18–22

Longenbaker. 2011. *Mader's Understanding Human Anatomy and Physiology 7th edition*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Marno. 2008. *Tekstur Tanah*, (Online), (http://marno.lecture.ub.ac.id/files/2014/03/dasar-ilmu-tanah-tekstur-tanah-konsep.pptx), diunduh pada tanggal 25 Agustus 2014.

Miller, G. Tyler & Spoolman, S. 2012. *Living in the Environment 17th edition*. Belmont, California: Brooks/Cole, Cengage Learning.

Nelson, P. 2002. *Biological Physics:Energy, Information, Life,* (Online), (www.physics.upenn.edu/pcn/), diunduh pada tanggal 11 Juli 2014.

Reece, J.B., Taylor, M. R., Simon, E.J., Dickey J.L, & Campbell, N.A. 2012. *Campbell Biology Concepts & Connections 7th edition*. San Francisco: Pearson Education, Inc.

Rochintaniawati, D. Tanpa tahun. *Penjernihan Air dengan Biji Kelor,* (Online),(http://file.upi.edu/direktori/fpmipa/jur._pend._biologi/diana_rochintaniawati/biology_terapan/penjernihan_air.pdf), diunduh tanggal 1 Agustus 2014.

Setiawan. Tanpa tahun. *Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Hidup*, (Online), (http://file.upi.edu/direktori/fpips/jur._pend._geografi/197106041999031-iwan_setiawan/pencemaran_dan_kerusakan_lingkungan.pdf), diunduh pada tanggal 11 Juli 2014.

Shier, D., Butler, J., & Lewis, R. 2009. *Hole's Essentials of Human Anatomy & Physiology 11th edition*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Tanny, E. 2010. *Pengertian Tanah*, (Online), (http://eprints.undip.ac.id/34607/5/2075_chapter_II.pdf), diunduh tanggal 21 Juli 2014.

Tim Badan Pusat Statistik. 2010. *Hasil Sensus Penduduk 2010 Data Agregat per Provinsi,* (Online), (http://www.bps.go.id/65tahun/SP2010_agregat_data_perProvinsi.pdf), diunduh tanggal 19 Juni 2014.

Trefil, J & Hazen, R. 2010. *The Sciences an Integrated Approach 6th edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Underwood, M.A., Gilber, W.M., & Sherman, M.P. 2005. Amniotic Fluid: Not Just Fetal Urine Anymore. *Journal of Perinatology*. Vol.25: 341–348.

Wetter, L. R. & Constabel, F. (Eds). 1982. *Metode Kultur Jaringan Tanaman (Edisi 2)*. Terjemahan Widianto, M. 1991. Bandung: Penerbit ITB.

Whitten, K., Davis, R., Peck, M.L., & Stanley, G. 2010. *Chemistry 9th edition*. Belmont, California: Brooks/Cole, Cengage Learning.

Glosarium

A

AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*) Penyakit yang disebabkan oleh virus HIV dan menyerang imunitas tubuh

Akson (neurit) Penonjolan badan sel berbentuk panjang dan silindris yang berfungsi untuk meneruskan impuls dari badan sel saraf ke sel saraf lain atau ke sel otot atau ke sel kelenjar

Albino Kelainan yang disebabkan tidak adanya zat warna (pigmen)

Alela Bentuk alternatif dari suatu gen

Anafase Fase pembelahan mitosis yang memiliki ciri kromatid saudara dari setiap pasangan memisah menuju kutub yang berlawanan dan pada akhir anafase kedua kutub sel memiliki kromosom yang jumlahnya sama

Angiospermae Tumbuhan biji tertutup yang memiliki ciri bakal biji berada dalam bakal buah (ovarium)

Anteridium Alat kelamin jantan pada Pteridophyta (Paku) dan Bryophyta (Lumut)

Arkegonium Alat kelamin betina pada Pteridophyta (Paku) dan Bryophyta (Lumut)

Aseksual Reproduksi tumbuhan atau hewan tanpa melewati proses fertilisasi. Reproduksi aseksual menggunakan organ tubuh ataupun bagian tubuh hewan ataupun tumbuhan

Atom Partikel terkecil penyusun suatu materi

B

Beda potensial Perbedaan jumlah elektron yang berada pada suatu rangkaian listrik atau kawat penghantar

Benang sari Alat kelamin jantan pada tumbuhan

Biolistrik Bidang yang khusus mempelajari tentang aliran impuls pada tubuh manusia

C

Cangkok Kegiatan untuk membantu reproduksi tanaman dengan cara mengelupas kulit suatu tangkai tanaman berkayu, kemudian dibalut dengan tanah dan dibungkus dengan sabut kelapa atau plastik, sehingga tumbuh akar

D

Daya listrik Banyaknya energi listrik yang dibutuhkan untuk setiap satu detik

Dendrit Penonjolan badan sel yang bercabang-cabang dan berbentuk seperti cabang pohon. Dendrit berfungsi menerima impuls dari sel lain dan meneruskannya ke badan sel

Dihibrid Persilangan dengan dua karakter beda

Dinamo Pembangkit listrik (generator) yang paling kuno, alat untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik

Diploid (1) dua ploid (2N) jumlah kromosom dalam sel individu pada suatu species; (2) kromosom dalam keadaan berpasangan.

DNA (*deoxyribonucleic acid*) Untaian yang sangat panjang terletak di dalam inti sel, terdiri dari subunit nukleotida yang berfungsi menyimpan kode genetik

Dormansi Peristiwa pada saat biji mengalami masa istirahat atau biji yang masih belum tumbuh

E

Elektro Ensefalo Grafi (EEG) Alat uji kedokteran yang digunakan untuk menilai kerja otak. Sama seperti sel saraf lainnya, sel-sel otak saling terhubung satu sama lain melalui sinyal-sinyal listrik. Sistem kerja EEG mirip dengan EKG. Sinyal-sinyal listrik dari otak mampu direkam oleh alat ini

Elektro Kardio Grafi (EKG) Alat dalam bidang kedokteran yang biasa digunakan untuk merekam aktivitas otot jantung. Alat ini mampu merekam sinyal-sinyal listrik dari aktivitas jantung

Elektrokimia Elemen volta, baterai, dan akumulator adalah sumber arus DC yang dihasilkan dari reaksi kimia

Elektron Partikel subatom yang bermuatan negatif

Elektroskop Alat untuk mengetahui suatu benda bermuatan atau tidak

Endometrium Lapisan yang membatasi rongga rahim dan meluruh saat menstruasi

Epididimis Saluran yang keluar dari testis dimana sel kelamin jantan (sperma) disimpan sementara waktu, bentuk seperti koma dengan ukuran ± 4 cm, dan terletak di belakang testis

Estrogen Hormon yang berperan mengatur siklus menstruasi. Hormon ini juga berperan untuk memicu penebalan dinding rahim, memicu kembali kelenjar pituitari untuk menghasilkan hormon FSH dan LH (luteinizing hormone), dan mengatur perkembangan ciri-ciri kelamin sekunder pada perempuan

F

Filial (F) Keturunan dalam proses pewarisan sifat

***Follicle Stimulating Hormone* (FSH)** Hormon yang dihasilkan oleh kelenjar pituitary atau hipofisis. Kelenjar tersebut terletak di otak bagian depan.Hormone ini berfungsi memicu berkembangnya folikel dalam ovarium dan produksi sperma oleh testis

Fragmentasi Reproduksi secara aseksual dengan cara pematahan atau pemotongan tubuh induk menjadi dua bagian atau lebih

G

Gamet Sel-sel reproduksi yang meneruskan gen dari satu generasi ke generasi berikutnya

Garis gaya listrik Garis-garis yang menggambarkan besar gaya listrik

Gaya Coulomb Gaya yang ditimbulkan dua muatan listrik yang berdekatan

Gen Unit instruksi atau perintah yang terdapat pada suatu untai DNA yang mempengaruhi sifat atau ciri setiap makhluk hidup

Generatif Cara reproduksi melalui kawin atau peleburan putik dan serbuk sari

Generator Alat yang mampu merubah energi kinetik menjadi energi listrik

Gonore Penyakit kencing nanah yang diakibatkan oleh bakteri *Neisseria gonorrhoeae*

Gymnospermae Tumbuhan yang bijinya tidak tertutup kulit buah atau berbiji terbuka

H

Haploid (1) satu ploid (N) jumlah kromosom dalam sel individu pada suatu species; (2) kromosom dalam keadaan tidak berpasangan

Hemofilia Kelainan di mana darah sulit untuk menggumpal saat terjadi luka pada bagian tubuh tertentu yang disebabkan tidak dihasilkannya faktor penggumpalan darah dalam tubuh seseorang

Hermafrodit Individu yang berfungsi sebagai jantan dan betina sekaligus dalam reproduksi seksual dengan cara menghasilkan sel telur dan sperma

Herpes simplex genitalis Penyakit kutil kelamin akibat virus Herpes simplex

HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) Virus yang menyerang sistem imunitas tubuh

Hukum Kirchhoff Hukum yang mengatur tentang besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian listrik

Hukum Ohm Hukum yang mengatur tentang besar kuat arus yang mengalir pada rangkaian tertutup

I

Isolator listrik Bahan-bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Contoh dari isolator listrik adalah karet dan plastik

K

Keputihan Penyakit kelamin yang terjadi pada perempuan dengan ciri-ciri terdapat cairan berwarna putih kekuningan atau putih keabu-abuan pada bagian vagina

Konduktor listrik Bahan-bahan yang baik untuk menghantarkan arus listrik. Contoh dari konduktor listrik adalah tembaga, perak, dan emas

Korsleting Hubungan arus pendek listrik, terjadi karena adanya konduktor positif dan negatif di dalam kabel yang saling berhubungan satu sama lain

Kromosom Untaian DNA yang menggulung menjadi struktur yang lebih padat

L

Lingkungan Alam sekitar makhluk; macam: fisik dan biotis. Fisik: suhu, cuaca, arus udara atau air, dll. Biotis: makanan, komunitas, musuh, persaingan dan kehidupan sosial

Listrik statis Listrik yang terjadi akibat adanya perbedaan muatan listrik

***Luteinizing Hormone* (LH)** Hormon yang dihasilkan oleh kelenjar pituitary atau hipofisis. Hormone ini berfungsi memicu pengeluaran sel telur dari folikel yang telah matang (ovulasi) pada wanita dan produksi androgen pada laki-laki

M

Materi genetik Berperan penting dalam pewarisan sifat. Molekul yang berperan dalam materi genetik adalah asam nukleat (DNA dan RNA)

Medan listrik Daerah yang masih dipengaruhi oleh gaya listrik suatu muatan listrik

Meiosis Pembelahan sel yang menghasilkan empat sel anakan yang memiliki kromosom haploid (n) yang berasal dari sel induk diploid (2n)

Melanin Pigmen yang menyebabkan kulit berwarna gelap. Pigmen melanin berfungsi untuk melindungi kulit dari sinar ultraviolet

Mengenten (menyambung) Memotong suatu batang tanaman lalu disambung dengan batang tanaman lain yang sejenis yang berbeda sifat

Menstruasi Meluruhnya endometrium (jaringan penyusun dinding rahim) dan pecahnya pembuluh darah akibat rendahnya hormon estrogen dan progesteron

Merunduk Kegiatan untuk membantu reproduksi tanaman dengan cara membenamkan tangkai tanaman ke tanah, sehingga bagian yang tertanam dalam tanah tumbuh akar

Metafase Fase pembelahan mitosis yang memiliki ciri kromosom berjejer pada bidang pembelahan

Metamorfosis Perubahan bentuk tubuh tiap tahap pertumbuhan dan perkembangan

Mitosis Tipe pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anakan yang mempunyai karakter identik secara genetik dengan sel induk. Jika sel induk memiliki kromosom 2n (diploid), maka jumlah kromosom yang dimiliki oleh sel anakan juga 2n (diploid)

Monohibrid Persilangan dengan satu karakter beda

Muatan listrik Terdiri dari muatan listrik positif dan negatif. Muatan listrik sejenis (positif dengan positif atau negatif dengan negatif) bersifat tolak-menolak. Muatan listrik yang berbeda (positif dengan negatif) bersifat tarik menarik

Myelin Selubung lemak berlapis-lapis, dihasilkan oleh sel Schwann. Lapisan lemak myelin sulit ditembus oleh ion-ion yang keluar dan masuk membran sel saraf pada bagian akson. Myelin berfungsi untuk mempercepat impuls saraf dengan membantu terjadinya loncatan muatan

N

Nodus ranvier Daerah akson terbuka yang tidak diselubungi myelin. Nodus ranvier berfungsi sebagai tempat terjadinya tarikmenarik muatan listrik di membran sel saraf

Okulasi (menempel) Kegiatan menempelkan mata tunas yang ada pada kulit tanaman pada batang tanaman lain yang sejenis. Teknik okulasi atau menempel sering digunakan oleh petani untuk mendapatkan tanaman ”unggul” dari dua atau lebih tanaman yang sejenis

Osiloskop Alat yang biasa digunakan untuk menggambarkan bentuk gelombang listrik pada layar

Ovarium Struktur berbentuk seperti telur, berjumlah dua pasang, terletak di samping kanan dan kiri rahim (uterus) dan berfungsi menghasilkan sel telur (ovum)

Ovipar Kelompok hewan yang embrionya berkembang di dalam telur

Ovovivipar Kelompok hewan yang embrionya berkembang di dalam telur, tetapi embrio tidak dikeluarkan dalam bentuk telur seperti pada hewan ovipar, melainkan telur tetap berada di dalam tubuh induk betinanya

Parental (P) Orang tua atau induk

Partenogenesis Individu baru berkembang dari sel telur tanpa proses pembuahan atau fertilisasi

Pembuahan (fertilisasi) Proses pembuahan atau peleburan inti sel telur dengan inti sel sperma

Penis Struktur bagian luar dari organ reproduksi laki-laki yang berfungsi sebagai saluran pengeluaran kencing dan sperma.

Perkecambahan Ketika masa dormansi biji berakhir mulai tumbuh menjadi tumbuhan baru

Petir Kilatan cahaya yang muncul akibat perpindahan muatan negatif (elektron) antara awan dan awan, atau antara awan dan bumi

Pigmen Zat warna

Polinasi (penyerbukan) Proses menempelnya serbuk sari ke kepala putik

Potensial listrik Usaha yang diperlukan untuk memindahkan elektron dari satu titik ke titik lainnya yang jauhnya tak terhingga (jarak tidak berpengaruh)

Profase Fase pembelahan mitosis yang memiliki ciri membran inti mulai rusak menjadi bagian-bagian kecil (fragmen) dan kromosom memadat dan menebal

Progesteron Hormon yang berperan mengatur siklus menstruasi. Hormon ini juga berperan untuk memicu penebalan dinding rahim dan mengatur perkembangan ciri-ciri kelamin sekunder pada perempuan

Proton Partikel subatom yang bermuatan positif

Putik Alat kelamin betina pada tumbuhan

R

Rangkaian parallel Pada rangkaian listrik yang memiliki percabangan kabel

Rangkaian seri Pada rangkaian listrik yang tidak memiliki percabangan kabel

Reproduksi seksual Reproduksi yang melalui proses fertilisasi, yaitu proses peleburan inti sel kelamin jantan (sel sperma) dan inti sel kelamin betina (sel telur)

Rhizoma Batang yang tumbuh di dalam tanah.

RNA (*ribonucleic acid*) Asam nukleat yang terdiri dari subunit nukleotida. Pada RNA, gulanya berupa gula ribose. Basa nitrogen yang menyusun DNA yaitu adenin (A) yang selalu berpasangan dengan urasil (U), serta guanine (G) yang selalu berpasangan dengan sitosin (C)

S

Sel electroplax Sel yang menghasilkan muatan negatif pada bagian dalam dan muatan positif pada bagian luar saat ikan belalai gajah dalam keadaan beristirahat

Sel saraf Tersusun atas bagian dendrit, badan sel, inti sel, dan neurit atau akson. Sel saraf berfungsi untuk menerima, mengolah, dan mengirim rangsangan yang diterima panca indera

Semikonduktor listrik Bahan yang kurang baik untuk menghantarkan arus listrik. Contoh bahan semikonduktor listrik adalah karbon, silikon, dan germanium

Servik Struktur rahim bagian bawah yang menyempit dan membuka ke arah vagina; mulut rahim

Sifilis Penyakit raja singa terjadi akibat bakteri Treponema pallidum.

Sitokinesis Pembelahan sitoplasma pada tahap akhir dari pembelahan mitosis yaitu fase telofase

Sperma Gamet jantan.

Spermatogenesis Proses pembentukan sperma

Stolon (geragih) Reproduksi tumbuhan dengan cara menjalarkan batang di atas tanah

Strobilus (runjung) Alat reproduksi seksual (generatif) yang dimiliki oleh tumbuhan Gymnospermae

Sumber arus listrik Alat-alat listrik yang dapat menghasilkan energi listrik

T

Tegangan jepit Tegangan di antara kutub-kutub baterai saat baterai dihubungkan dengan suatu rangkaian sehingga ada arus yang mengalir

Teknologi Penerapan pengetahuan ilmiah untuk tujuan spesifik, seringkali melibatkan industri dan mencakup penggunaan dalam penelitian dasar

Telofase Fase pembelahan mitosis yang memiliki ciri membran inti mulai kembali bergabung dan kromosom mulai meregang.

Testis Struktur yang bentuknya bulat telur yang tersimpan dalam skrotum. Berfungsi untuk memproduksi sperma dan hormon testosteron

Tuba fallopii Oviduk atau saluran telur; Saluran dengan panjang ±10 cm yang menghubungkan ovarium dengan Rahim (uterus).

Tunas Reproduksi secara aseksual untuk menghasilkan keturunan

U

Umbi batang Batang tumbuhan yang mengalami pembengkakan di dalam tanah dan berisi cadangan makanan

Umbi lapis (bulbus) Struktur yang merupakan modifikasi batang dan daun, misalnya pada bawang merah

Uretra Saluran yang terdapat dalam penis, merupakan akhir dari saluran reproduksi, dan merupakan saluran akhir keluarnya sperma dan urin

Uterus (rahim) Struktur yang berbentuk seperti buah pir yang berfungsi sebagai tempat berkembangnya janin selama kehamilan

Vagina Saluran reproduksi pada perempuan yang menghubungkan lingkungan luar dengan rahim, saluran mengalirnya darah menstruasi, dan saluran keluarnya bayi

Varietas hibrida Suatu jenis tumbuhan yang merupakan keturunan dari persilangan antara dua atau lebih jenis tumbuhan yang memiliki karakteristik genetik yang berbeda

Vas deferens Saluran panjang yang mengarah ke atas dan merupakan lanjutan dari epididimis

Vegetatif Reproduksi tumbuhan secara aseksual

Vivipar Kelompok hewan yang embrionya berkembang di dalam rahim induk betinanya dan akan dilahirkan pada saat umurnya sudah mencukupi

Widow's peak Rambut yang tumbuh melingkar biasa atau tumbuh seperti huruf "V"

Indeks

A

Adenin 124
AIDS 35
Anafase 5
Angiospermae 53, 63, 77, 79, 80, 109
Anteridium 83
Arkegonium 83
Arus listrik 199
Autosom 131

B

Basa nitrogen 124
Basa pirimidin 124
Beda potensial 175
Belut listrik 185
Bentuk rambut 143
Biolistrik 178
Bryophyta 53, 109

C

Cangkok 61

D

DC (*direct current*) 224
Deoxyribonucleic acid 121
Dihibrid 134
DNA 121
Dormansi 76

E

Echidna 185
Endometrium 18
Energi listrik 175
Epididimis 9, 11

F

Fenotipe 129
Fertilisasi 18, 24
Filial 132
Folikel 17, 20

G

Gamet 4
Gaya gesek 32
Gemmae 85
Gen 121
Gonosom 131
Gregor Mendel 133
Guanin 124
Gymnospermae 53, 79, 80, 109

H

Hantaran listrik 205
Haploid 131
Haploid 7
Herpes simplex genitalis 37
Hewan-hewan penghasil listrik 184
Hibrida 147
Hidroponik 87
Histon 122
Hiu kepala martil 185
HIV 35
Hormon oksitosin 31
Hormon progesteron 24
Hukum Coulomb 168
Hukum Kirchoof 218
Hukum Ohm 222

Ikan belalai gajah 184
Ikan pari elektrik 184
Infundibulum 16
Isolator listrik 207

J

Jaringan 2

K

Kariotipe 129
Kehamilan 24, 48
Kelenjar bulbouretra 13
Kelenjar prostat 9
Kelenjar vesikula seminalis 9
Kelistrikan pada sel saraf 178
Kembar 33
Kembar dizigot 33
Kembar monozigot 34
Kiropterogami 69
Konduktor listrik 207
Kromatid 122
Kromatin 122
Kultur jaringan tumbuhan 88

L

Lele elektrik 185
LH (*leuteinizing hormone*) 48
Light emitting diode 233
Listrik dinamis 198
Listrik statis 164, 178
Lumut daun 86
Lumut hati 86
Lumut tanduk 86

M

Marchantia polymorpha 87
Masa pubertas 11
Materi genetik 121
Medan listrik 172
Meiosis 4, 6
Menempel (okulasi) 62
Menstruasi 22
Menyambung (enten) 61
Merunduk 61
Metafase 5
Mitosis 4
Monohibrid 134
Muatan listrik 164

N

Nukleosida 124
Nukleotida 124

Oogenesis 20, 21, 47
Oosit sekunder 47
Organ reproduksi 8
Ovarium 16
Oviduk 16
Ovipar 97
Ovovivipar 99
Ovulasi 17
Ovum 20

Parental 132
Pembelahan reduksi 7
Pembelahan sel 3
Pembuahan 70
Pencegahan bahaya penggunaan listrik 234
Penghematan energi listrik 232
Penis 9
Penyebaran biji 72
Penyerbukan (polinasi) 66
Peranan tanah 35, 53, 164, 198, 229
Perkecambahan 76
Profase 5
Pteridophyta 53

R

Rahim 16
Rangkaian hambatan listrik 219
Rangkaian listrik 212
Rangkaian paralel 215
Rangkaian seri 215
Reproduksi pada hewan 90
Reproduksi seksual 4
Rhizoma 55
Ribonucleic acid 121
RNA 121

S

Sel 2
Sel somatik 129
Semen 12
Semi konduktor listrik 207
Serviks 16
Setek 62
Sifat dominan 128
Sifat resesif 128
Sifilis 37
Sistem reproduksi 3
Sitosin 124
Skrotum 9
Spermatogenesis 14
Spora 82
Strobilus 79
Sumber arus listrik 223
Sumber energi listrik 224

T

Telofase 5
Teori sel 4
Tes DNA 150
Testis 9
Timin 124
Transmisi energi listrik 228, 229
Treponema pallidum 37
Tuba fallopii 16
Tumbuhan pioner 86

U

Ultrasonografi 29
Umbi lapis 56
Uretra 9
Uterus 18, 49

Vagina 16
Vas deferens 9
Vertikultur 87
Vivipar 96

Z

Zigot 24

Profil Penulis

Penulis 1

Nama Lengkap	: Prof. Dr. Siti Zubaidah, M.Pd.
Telp Kantor/HP	: 0341-588077
E-mail	: siti.zubaidah.fmipa@um.ac.id
Alamat Kantor	: Jl. Semarang 5,Malang 65145
Bidang Keahlian	: Biologi/Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. 2015–sekarang: Koordinator Program Studi S2-S3 Pendidikan Biologi Program Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
  2. 2012–2015: Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian Bidang Pendidikan (LP2M) Universitas Negeri Malang.
  3. 2004–Sekarang: Dosen Program Studi Pendidikan Biologi Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
  4. 1993–Sekarang: Dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang.

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S3: Hama dan Penyakit Tanaman-Universitas Brawijaya Malang (2001-2004).
  2. S2: Pendidikan Biologi-IKIP Malang (1995-1998).
  3. S1: Pendidikan Biologi-IKIP Malang (1987-1992).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  1. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas IX (2015).
  2. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas VIII (2014).
  3. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan ke-4) (2014).
  4. Ragam Model Pembelajaran IPA SMP (cetakan ke-2) (2014).
  5. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan ke-3) (2013).
  6. Ragam Model Pembelajaran IPA SMP (cetakan ke-1) (2013).
  7. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan ke-2) (2012).
  8. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan ke-1) (2011).
  9. Model-Model Pembelajaran Inovatif. (Pemberdayaan Berpikir Melalui Pertanyaan) (2007).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**

  Penelitian di Bidang Biologi:
  1. Uji Multilokasi Galur-galur Kedelai untuk Perakitan Kedelai Tahan CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) (2015).
  2. Seleksi Galur-galur Kedelai Generasi F5 untuk Perakitan Kedelai Tahan CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) (2012).

3. Karakterisasi Morfologi, Anatomi, dan Agronomi Plasma Nutfah Kedelai untuk Pembentukan Kedelai Tahan CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) (2011).
4. Pembentukan Varietas Unggul Kedelai Tahan CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) Berdaya Hasil Tinggi (Tahun II) (2010).
5. Pembentukan Varietas Unggul Kedelai Tahan CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) Berdaya Hasil Tinggi (Tahun I) (2009).
6. Konfirmasi CVPD Berbasis PCR pada Tanaman Jeruk Bergejala Klorosis di Poncokusumo Jawa Timur (2009).
7. Uji Kemampuan Antibiotik Dalam Upaya Eliminasi Bakteri CVPD pada Mata Tunas untuk Bahan Bibit Jeruk (2008).
8. Perbaikan Genetik Varietas Unggul Kedelai Berdaya Hasil Tinggi untuk Ketahanan terhadap CPMMV (*Cowpea mild Mottle Virus*) (2007).
9. Identifikasi Penanda Molekuler RAPD untuk Ketahanan Genotipe Plasma Nutfah Kedelai Terhadap CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) (2006).

Penelitian di Bidang Pendidikan:

1. Pengembangan Model Pembelajaran Biologi Berbasis *Remap Coople* untuk Pemberdayaan Berpikir Siswa Indonesia Berkarakter Minat Baca Rendah (2015).
2. Pengembangan Model Pembelajaran Biologi Berbasis *Remap Coople* untuk Pemberdayaan Berpikir Siswa Indonesia Berkarakter Minat Baca Rendah (2014).
3. Model Pendidikan Karakter Bangsa Berbasis Kearifan Lokal di Sekolah di Provinsi Jawa Timur (2014).
4. Kajian *Grand Design* Pendidikan Menengah Kejuruan di Jawa Timur (2014).
5. Pemetaan Kesiapan Implementasi Kurikulum 2013 Dalam Upaya Pengembangan Model Pemecahan Masalah Pembelajaran dan Penilaian sebagai Penguatan Pendidikan Karakter di SMP Jawa Timur (2014).
6. Pemetaan Kesiapan Implementasi Kurikulum 2013 Dalam Upaya Pengembangan Model Pemecahan Masalah Pembelajaran dan Penilaian sebagai Penguatan Pendidikan Karakter di SMP Jawa Timur (2013).
7. Pembelajaran yang Memberdayakan Keterampilan Metakognitif, Pemahaman Konsep, dan Retensi pada Pembelajaran Biologi SMA di Malang untuk Menolong Siswa Berkemampuan Akademik Rendah (2012).
8. Pemberdayaan *Blended Learning* pada Perkuliahan Genetika di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang (2011).
9. Pemetaan dan Pengembangan Mutu Pendidikan di Malang Raya (Kota Malang, Kabupaten Malang, Kota Batu) (2011).

■ **Informasi Lain:**

Siti Zubaidah, lahir di Malang, 02 Juni 1968. Menikah dan dikaruniai 3 anak. Saat ini menetap di Kota Malang sebagai pengajar di Jurusan Biologi dan Pascasarjana Universitas Negeri Malang (UM). Dalam banyak kegiatan terlibat sebagai narasumber dalam *workshop* peningkatan kualitas guru dan dosen dalam bidang pembelajaran dan penelitian. Materi yang dikembangkan sesuai kompetensinya dalam bidang biologi dan pendidikan biologi serta pembelajarannya. Dalam bidang biologi, saat ini terlibat dalam pengembangan kedelai tahan virus. Dalam bidang pendidikan biologi, terlibat dalam pengembangan model pembelajaran dan strategi pembelajaran yang mendorong kemampuan berpikir siswa.

Penulis 2

Nama Lengkap : Dr. Susriyati Mahanal, M.Pd.
Telp Kantor/HP : 0341-512312
E-mail : mahanals@yahoo.com
Alamat Kantor : Jl. Semarang No 5, Malang 65145
Bidang Keahlian : Biologi/Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. 1984–sekarang:Dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang.
  2. 2010–sekarang: Dosen Program Studi Pendidikan Biologi Pascasarjana Universitas Negeri Malang.

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S3: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2007-2009)
  2. S2: Pendidikan Biologi-IKIP Malang (1995-1998)
  3. S1: Pendidikan Biologi-IKIP Malang (1980-1981)
  4. Sarjana Muda: Pendidikan Ilmu Hayat (1975-1978)

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  1. Buku Pendidikan Lingkungan Hidup sebagai Matapelajaran Muatan Lokal untuk Sekolah Dasar Kelas 1–6 (2015).
  2. Pendidikan Lingkungan Hidup untuk SMA Kelas X, Jilid 1–3 (2014).
  3. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas IX (2014).
  4. Model dan Metode Pembelajaran SMP IPA (Kerja sama PT Pertamina Persero dengan Universitas Negeri Malang) (2013).
  5. Ragam Model Pembelajaran IPA Sekolah Dasar (Kerja sama PT Pertamina Persero dengan Universitas Negeri Malang) (2010).
  6. Model-Model Pembelajaran Inovatif (Portofolio sebagai Assessment Otentik) (2007).
  7. Botani Tumbuhan Bertalus (2004).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Pengembangan Buku Ajar Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH) sebagai Mata Pelajaran Muatan Lokal pada Jenjang Pendidikan Sekolah Dasar (2013).
  2. Strategi Pengembangan Pendidikan Karakter (*Caharacter Building*) dalam Lembaga Sekolah di Provinsi Jawa Timur (2012).
  3. Pemetaan dan Pengembangan Mutu Pendidikan di Kota Kediri, Kabupaten Kediri, dan Kabupaten Ngawi (2011).
  4. Pemetaan dan Pengembangan Mutu Pendidikan di Kota Madiun, Kabupaten Madiun, dan Kabupaten Magetan (2011).
  5. Pengaruh Strategi Pembelajaran dan Gender terhadap Metakognisi dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA di Malang (2010).

6. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Proyek pada Mata Pelajaran Biologi untuk Memberdayakan Kemampuan Berpikir Kritis dan Sikap Terhadap Lingkungan Hidup Siswa SMA di Malang (2009).
7. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Deteksi Kualitas Sungai dengan Indikator Biologi untuk Memberdayakan Sikap Siswa SMA di Malang (2007).
8. Penerapan Pembelajaran Berdasarkan Masalah dengan Kooperatif STAD pada Mata Pelajaran IPA untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Siswa MIJS Malang (2006).
9. Penerapan Pembelajaran Berdasarkan Masalah dengan Kooperatif STAD pada Mata Pelajaran IPA Biologi untuk Meningkatkan Keterampilan Proses dan Berpikir Siswa SMA SMP dengan Setting Wilayah Pertanian Malang (2006).

■ **Informasi Lain:**

Susriyati Mahanal, lahir 10 Agustus 1956. Menikah dan dikarunia 2 orang puteri dan 1 orang putra. Saat ini menetap di Kota Malang sebagai pengajar di Jurusan Biologi dan Pascasarjana Universitas Negeri Malang (UM). Menjadi narasumber dalam pelbagai kegiatan dan menjadi instruktur dalam *workshop* peningkatan kualitas guru. Materi yang dikembangkan sesuai kompetensinya dalam bidang pendidikan biologi dan pembelajarannya yaitu: pengembangan bahan ajar dan asessmen, penelitian tindakan kelas, serta pemilihan strategi pembelajaran aktif yang mendorong kemampuan berpikir siswa. Sampai saat ini masih aktif melakukan penelitian-penelitian dalam bidang pembelajaran biologi.

Penulis 3

Nama Lengkap` : Dr. Lia Yuliati, M.Pd.
Telp Kantor/HP : 0341 552125
E-mail : lia.yuliati.fmipa@um.ac.id
Alamat Kantor : Jl. Semarang No 5, Malang 65145
Bidang Keahlian : Pendidikan IPA/Fisika

■ **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**

1. 1990–1999: Dosen di Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Fisika FPMIPA IKIP Medan.
2. 1999–Sekarang: Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Pascasarjana Universitas Negeri Malang.

■ **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3: Pendidikan IPA-Universitas Pendidikan Indonesia (2002-2006).
2. S2: Pendidikan IPA-IKIP Bandung (1992-1995).
3. S1: Pendidikan Fisika-IKIP Bandung (1986-1990).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  1. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas IX (2014).
  2. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan keempat) (2014).
  3. Ragam Model Pembelajaran IPA SMP (cetakan kedua) (2014).
  4. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan kelima) (2015).
  5. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas VIII (2014).
  6. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan ketiga)(2013).
  7. Ragam Model Pembelajaran IPA SMP (cetakan pertama) (2013).
  8. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan kedua) (2012).
  9. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan pertama) (2011).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Kemampuan Merancang Pembelajaran Calon Guru Fisika Berdasarkan PCK dan Kerangka Kerja TPACK (2015).
  2. Pengembangan Model Pembelajaran dengan Authentic Problem Based Learning (APBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Calon Guru Fisika UM (Tahun ke-2) (2014).
  3. Pengembangan Model Pembelajaran dengan Authentic Problem Based Learning (APBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Calon Guru Fisika UM (2013).
  4. Pengembangan Model Pembelajaran dengan Authentic Problem Based Learning (APBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Calon Guru Fisika UM (Tahun ke-1) (2012).
  5. Authentic Problem Based Learning (APBL) untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas X-8 SMA Negeri VII Malang (2012).
  6. Peningkatan Kemampuan Pedagogik Calon Guru Fisika dengan Problem Based-Active Learning pada Mata Kuliah Strategi Pembelajaran Fisika (2011).
  7. Pengembangan Bahan Ajar IPA Terpadu untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Siswa SMP/MTS (2010).
  8. Pengembangan Paket Bahan Ajar Mata Kuliah Pengembangan Pembelajaran IPA SD pada Program PJJ-PGSD (2009).
  9. Pengembangan Bahan Ajar Mata Kuliah Strategi Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Mengajar Calon Guru Fisik (2008).

- **Informasi Lain:**

Lia Yuliati, lahir di Sumedang, Jawa Barat, 19 Juli 1968. Menikah dan dikarunia 1 orang puteri dan 1 orang putera. pada tahun 1990-1999 bekerja sebagai dosen di Jurusan Fisika FPMIPA IKIP Medan, dan tahun 1999 sampai sekarang bekerja di Jurusan Fisika FMIPA dan Pascasarjana Universitas Negeri Malang. Menjadi narasumber dalam pelbagai kegiatan dan menjadi instruktur dalam *workshop* peningkatan kualitas guru. Materi yang dikembangkan sesuai kompetensinya dalam bidang pendidikan fisika dan pembelajarannya yaitu: pengembangan bahan ajar dan asesmen, penelitian tindakan kelas, serta pemilihan strategi pembelajaran aktif yang mendorong kemampuan berpikir siswa. Sampai saat ini masih aktif melakukan penelitian-penelitian dalam bidang pembelajaran fisika.

Penulis 4

Nama Lengkap	: Drs. I Wayan Dasna, M.Si., M.Ed., Ph.D.
Telp Kantor/HP	: 0341 587582
E-mail	: idasna@um.ac.id
Akun Facebook	: wdasna@gmail.com
Alamat Kantor	: Jl. Semarang 5 Malang-Jawa Timur
Bidang Keahlian	: Kimia dan Pembelajaran Sains

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. 1988–Sekarang: Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
  2. 2008–2012: Kepala Pusat Pengembangan Kurikulum, Pembelajaran dan Evaluasi, LP3, Universitas Negeri Malang.

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S3: Chimie Inorganique–Universite de Rennes 1–Rennes France (1998 - 2001).
  2. S2: Science Education–University of Houston – Texas USA (1995 – 1996).
  3. S2: Kimia-–ITB Bandung (1990 – 1993).
  4. S1: Pendidikan Kimia–IKIP MALANG (1983 -1988).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  1. Inovasi Pembelajaran (2015).
  2. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas IX (2014).
  3. Penelitian Tindakan Kelas (2012).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Peningkatan Kualitas Hasil dan Proses Belajar Matakuliah Kimia Anorganik I dengan Model Pembelajaran *Jigsaw* Termodifikasi (2011).
  2. Pengembangan Bahan Ajar IPA Terpadu untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa SMP (2010).
  3. Penggunaan Model Siklus Belajar-*Group Investigation* untuk Meningkatkan Kompetesi Siswa dalam Mempelajari Kimia di SMA Laboratorium Malang (2008).
  4. Penggunaan Model Pembelajaran *Learning Cycle*-Peta Konsep untuk Meningkatkan Kualitas Proses dan Hasil Belajar Kimia Siswa SMAN 1 Tumpang (2007).
  5. Dampak Instruksional Penggunaan Model Siklus Belajar Tipe Hipotetikal-Abduktif terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Kimia Siswa SMA(2007).
  6. Penggunaan Model Pembelajaran *Learning Cycle-Cooperatif Learning* untuk Meningkatkan Kualitas Proses dan Hasil Belajar Kimia Siswa SMAN 1 Tumpang (2006).

■ **Informasi Lain:**

I Wayan Dasna, lahir di Desa Abiansemal-Badung Bali tahun 1963. Menikah dan dikarunia 1 orang putra. Saat ini menetap di Kota Malang sebagai pengajar di Jurusan Kimia dan pascasarjana Universitas Negeri Malang (UM). Menjadi narasumber dalam pelbagai kegiatan dan menjadi instruktur dalam *workshop* peningkatan kualitas guru. Materi yang dikembangkan sesuai kompetensinya dalam bidang Kimia dan pembelajarannya yaitu: pengembangan bahan ajar, penelitian tindakan kelas, dan pemilihan strategi pembelajaran aktif yang mendorong kemampuan berpikir siswa. Sampai saat ini masih aktif melakukan penelitian-penelitian dalam bidang pembelajaran dan kimia anorganik.

Penulis 5

Nama Lengkap : Ardian Anjar Pangestuti, S.Pd., M.Pd.
Telp Kantor/HP : -
E-mail : ardianpangestuti@gmail.com
Akun Facebook : Ardian Anjar Pangestuti
Alamat Kantor : Jl. Citandui No. 46, Malang
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

■ **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
1. 2015- sekarang: Dosen IKIP Budi Utomo Malang.
2. 2012-2014: Guru SMP Ar-Rahmah "*Boarding School*" Dau, Malang

■ **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
1. S2: Pendidikan Bologi-Universitas Negeri Malang (2012-2014).
2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2007-2011).

■ **Judul Buku dan Tahun Terbit:**

Buku Siswa dan Buku Guru IPA Kelas IX (2014).

■ **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
1. Penerapan Model Pembelajaran Biologi Berbasis *Reading-Concept Map-Teams Games Tournaments* untuk Meningkatkan Minat Baca, Kemampuan Berpikir Kritis, Metakognitif dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas X IPA 4 SMA Laboratorium UM (2014).
2. Pengaruh Ukuran Butir terhadap Sifat Dielektrik Pasir Gali dari Srono Kabupaten Banyuwangi (2011).
3. Penerapan Paduan Metode *Numbered Heads Together* dan *Student Teams Achievement Divisions* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas VIII A SMP Negeri 13 Malang (2011).

Penulis 6

Nama Lengkap : Dyne Rizki Puspitasari, S.Pd., M.Pd.
Telp Kantor/HP : -
E-mail : dyne_pasundan@yahoo.com
Akun Facebook : -
Alamat Kantor : Jl. Simpang Bogor T7, Malang
Bidang Keahlian : Pendidikan Fisika

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. 2011-sekarang Guru IPA di SMP Laboratorium UM.
  2. 2011-2012: Guru Fisika di SMAN 1 Malang.

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S2: Pendidikan Fisika-Universitas Negeri Malang (2012–2014).
  2. S1: Pendidikan Fisika-Universitas Negeri Malang (2007–2011).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  Buku Siswa dan Buku Guru IPA Kelas IX (2014)

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Penerapan *Authentic Assessment* dengan *Feedback* untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa Pada Pembelajaran IPA Kelas 8 di SMP Lab UM (2015)
  2. Pola Keterampilan Berpikir dan Penguasaan Konsep Siswa pada Strategi Pembelajaran Metakognisi Berbantuan *Thinking Map* (2014)
  3. Peningkatan Kemampuan Berpikir Siswa Melalui Pembelajaran Berbasis Inkuiri dengan Model Pencapaian Konsep di Kelas VIIa SMP Negeri 4 Malang (2011)

Penulis 7

Nama Lengkap : Hamim Thohari Mahfudhillah , S.Pd., M.Pd.
Telp Kantor/HP : -
E-mail : hamimtm@gmail.com
Akun Facebook : www.facebook.com/hamim.vls
Alamat Kantor : Jl. Raya Ketawang 02, Kab. Malang
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. 2017-sekarang: Guru Biologi di SMK dan SMA Modern Al-Rifa'ie
  2. 2017-sekarang: Guru IPA di SMP Modern Al-Rifa'ie
  3. 2013-2015: Tentor Biologi di BMB Air-Langga

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S2: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2014–2017).
  2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2010–2014).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  1. Pedoman Pengembangan Model Kampung Organik (2016).
  2. Buku Siswa dan Buku Guru IPA Kelas IX (2014).
  3. Pengelolaan Sampah Berbasis 6M Modul Pendukung untuk Sekolah Adiwiyata (2013).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Pengembangan Modul Program Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL) Berbasis Projek dan Pengaruhnya Terhadap Sikap Peduli Lingkungan, Keterampilan Memecahkan Masalah, dan Keterampilan Berkolaborasi Siswa SMAN 1 Kepanjen (2016).
  2. Pengembangan Modul sebagai Solusi Mengoptimalkan Program Kawasan Rumah Pangan Lestari, Meningkatkan Sikap Peduli Lingkungan, dan Keterampilan Memecahkan Masalah Siswa (2016).
  3. Implementasi Model Pembelajaran *Remap Coople Teams Games Tournament* pada Matakuliah Pengantar Pendidikan untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif, Motivasi, dan Keterampilan Komunikasi Mahasiswa S1 Pendidikan Biologi (2015).
  4. Pengembangan Media *Genetic Box* pada Materi Genetika Kelas XII (2014).

Penulis 8

Nama Lengkap : Alifa Robitah, S.Pd., M.Pd.
Telp Kantor/HP : -
E-mail : alifarobitah@gmail.com
Akun Facebook : Alifa Robitah
Alamat Kantor : Jl. Argopuro Gg.VII, Situbondo
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. 2015-sekarang: Dosen STKIP PGRI Situbondo (2015-sekarang).
  2. 2011-2014: Guru SMA Ar-Rahmah "*Boarding School*" Dau, Malang

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S2: Pendidikan Bologi-Universitas Negeri Malang (2012-2014).
  2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2007-2011).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  Buku Siswa dan Buku Guru IPA Kelas IX (2014)

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Pengaruh Model Pembelajaran Biologi Berbasis Inkuiri dan *Creative Problem Solving* (CPS) terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif, Keterampilan Proses Ilmiah dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas X (2014).
  2. Pengembangan Perangkat Penilaian Kinerja Laboratorium (*Laboratory Performance Assesment*) Matapelajaran Biologi Kelas VIII SMP Negeri 13 Malang (2011).

Penulis 9

Nama Lengkap : Zenia Lutfi Kurniawati, S.Pd., M.Pd.
Telp Kantor/HP : -
E-mail : zeniakurniawati2211@gmail.com
Akun Facebook : Jeje Zenia
Alamat Kantor : Jl. Kuaro, Samarinda, Kaltim
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  2017-sekarang: Dosen di Universitas Mulawarman.

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S2: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2014-2016).
  2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2009-2013).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  Buku Siswa dan Buku Guru IPA Kelas IX (2014).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  Pengembangan Media "Nefron" pada Materi Sistem Ekskresi sebagai Media Pembelajaran Kelas XI SMA (2013).

Penulis 10

Nama Lengkap :Fatia Rosyida, S.Pd., M.Pd.
Telp Kantor/HP : -
E-mail : fatiarosyida9392@gmail.com
Alamat Kantor : Jl. Mondokan No 1, Tuban
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  Guru di SMAN 4 Tuban (2017-sekarang)

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S2: Pendidikan Bologi-Universitas Negeri Malang (2014-2016).
  2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2010-2014).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Pengaruh Pembelajaran Biologi Berbasis *Reading Concept Map-Timed Pair Share* dan Kemampuan Akademik Berbeda terhadap Keterampilan Metakognitif, Keterampilan Berpikir Kritis, dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas X MIA SMA Negeri Batu (2016).
  2. Keterampilan Metakognitif dan Hasil Belajar Kognitif Siswa dengan Pembelajaran *Reading Concept Map-Timed Pair Share* (Remap-TmPS) (2016).
  3. Memberdayakan Keterampilan Berpikir Kritis dengan Model Pembelajaran *Reading Concept Map-Timed Pair Share* (Remap-TmPS) (2016).
  4. Kemampuan Bertanya dan Berpendapat Siswa SMA Negeri Batu pada Mata Pelajaran Biologi (2015).
  1. Pengaruh Pembelajaran *Search Solve Create and Share* (SSCS) terhadap Motivasi, Hasil Belajar, dan Retensi Siswa Kelas X SMA (2014).

Penulis 11

Nama Lengkap : Mar'atus Sholihah, S.Pd, M.Pd.
Telp Kantor/HP : 0342-441597
E-mail : maratussholihah11292@gmail.com
Alamat Kantor : Jl. Majapahit 2-4, Blitar
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  2017-sekarang: Dosen di Universitas Islam Blitar.

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S2: Pendidikan Bologi-Universitas Negeri Malang (2014-2016).
  2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2010-2014).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Pengaruh Model Pembelajaran Biologi Berbasis *Reading Concept Map Reciprocal Teaching* terhadap Keterampilan Metakognitif, Keterampilan Berpikir Kritis, dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas X di SMA Negeri Kota Batu (2016).
  2. Memberdayakan Keterampilan Metakognitif dan Hasil Belajar Kognitif Siswa dengan Model Pembelajaran *Reading Concept Map Reciprocal Teaching* (Remap RT) (2016).
  3. *Reading Concept Map Reciprocal Teaching* (Remap RT) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa (2016).
  4. Keterampilan Metakognitif Siswa SMA Negeri Batu pada Mata Pelajaran Biologi (2015).

5. Penerapan Model Pembelajaran *Quantum Teaching* dipadu dengan *Mind Mapping* untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Siswa Kelas XI IPA di SMAN 8 Malang (2014).

Profil Penelaah

Penelaah 1

Nama Lengkap : Dr. Ana Ratna Wulan, S.Pd., M.Pd.
Perguruan Tinggi : Universitas Pendidikan Indonesia
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi
Telp Kantor/HP : 022-2001937
E-mail : ana_ratna_upi@yahoo.com
Alamat Kantor : Jl. Setiabudhi No. 229, Kec. Sukasari, Kota Bandung

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S3: Universitas Pendidikan Indonesia Dr. 2007
  2. S2: Universitas Pendidikan Indonesia M.Pd. 2003
  3. S1: Universitas Pendidikan Indonesia S.Pd. 1998

Penelaah 2

Nama Lengkap : Prof. Dra. Herawati Susilo, M.Sc., Ph.D.
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Malang
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi
Telp Kantor/HP : 0341-562180/ 08123271741
E-mail : herawati.susilo.fmipa@um.ac.id
Alamat Kantor : Jl. Semarang No. 5, Kota Malang

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S3: University of Iowa USA Ph.D. 1987
  2. S2: University of Iowa USA M.Sc. 1984
  3. S1: IKIP Malang Dra. 1978

Penelaah 3

Nama Lengkap : Drs. I Made Padri, S.Pd., M.Pd.
Perguruan Tinggi : Universitas Pendidikan Indonesia
Bidang Keahlian : Pendidikan Fisika
Telp Kantor/HP : (022)-2004548
E-mail : fisika@upi.edu
Alamat Kantor : Jl. Setiabudhi No. 229, Kec. Sukasari, Kota Bandung

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3: Universitas Pendidikan Indonesia	Dr.	2007
2. S2: Universitas Pendidikan Indonesia	M.Pd.	2003
3. S1: Universitas Pendidikan Indonesia	S.Pd.	1998

Penelaah 4

Nama Lengkap : Dr. Dadan Rosana, S.Pd., M.Si.
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta
Bidang Keahlian : Pendidikan IPA
Telp Kantor/HP : 081392859303
E-mail : danrosana@uny.ac.id
Alamat Kantor : Jl Colombo No. 1, Kec. Depok, Kota Yogyakarta

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3: Universitas Negeri Yogyakarta	Dr.	2008
2. S2: Institut Teknologi Bandung	M.Si.	1997
3. S1: IKIP Bandung	S.Pd.	1992

Penelaah 5

Nama Lengkap : Dr. Enny Ratnaningsih, S.Si., M.Si.
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Bandung
Bidang Keahlian : Kimia
Telp Kantor/HP : (+62) 22[2502103] ext: 2205
E-mail : enny@chem.itb.ac.id
Alamat Kantor : Jl. Ganesha No. 10 Bandung

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S3: Monash University Dr. 1991
  2. S2: Institut Teknologi Bandung M.Si. 1987
  3. S1: Institut Teknologi Bandung S.Si. 1983

Penelaah 6

Nama Lengkap : Dr. Maria Paristiowati, S.Si., M.Si.
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Jakarta
Bidang Keahlian : Pendidikan Kimia
Telp Kantor/HP : 021-4896669
E-mail : maria.paristiowati@unj.ac.id
maria.Paristiowati@gmail.com
Alamat Kantor : Jl. Pemuda No. 10, Rawamangun, Jakarta Timur

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S3: Universitas Negeri Jakarta Dr. 2015
  2. S2: Institut Teknologi Bandung M.Si. 2001
  3. S1: Institut Teknologi Bandung S.Si. 1996

Penelaah 7

Nama Lengkap : Dr. Ahmad Mudzakir, S.Pd., M.Si.
Perguruan Tinggi : Universitas Pendidikan Indonesia
Bidang Keahlian : Kimia
Telp Kantor/HP : 022-2000579/ 085221068479
E-mail : zakir66@upi.edu
Alamat Kantor : Jl. Setiabudhi No. 229, Kec. Sukasari, Kota Bandung

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S3: Otto-von-Guericke Universität Magdeburg Germany Dr. 2004
  2. S2: Universitas Gadjah Mada Jogyakarta M.Si. 1997
  3. S1: IKIP Bandung S.Pd. 1990

Profil Editor

Editor

Nama Lengkap : Basuki Hidayat, S.T.P., M.Si.
Perguruan Tinggi : (0272) 322441/081578711787
Bidang Keahlian : Editing buku-buku sains; Penerbitan buku
Telp Kantor/HP : -
E-mail : bustra2015@gmail.com

Alamat Kantor : Jalan Ki Hajar Dewantoro, Klaten

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. 2007-2015: GM Product Planning and Controlling PT Intan Pariwara
  2. 2015- sekarang: GM Business Strategic PT Intan Pariwara

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S2: Program Studi Bioteknologi, Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (2001-2004)
  2. S1: Jurusan Pengolahan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (1988-1995)

- **Judul Buku yang pernah diedit:**
  1. Buku Siswa Tematik Terpadu Kurikulum 2013 Kelas IV SD/MI, Tema 5: Pahlawanku, terbitan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
  2. Buku Guru Tematik Terpadu Kurikulum 2013 Kelas IV SD/MI, Tema 5: Pahlawanku, terbitan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
  3. Buku Siswa Ilmu Pengetahuan Alam Kurikulum 2013 Kelas IX SMP/MTs, terbitan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
  4. Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kurikulum 2013 Kelas IX SMP/MTs, terbitan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**

  Tidak ada

MENYIA-NYIAKAN HIDUP ANDA DENGAN NARKOBA